



Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Densitas dan Viskositas pada *Vacuum Residue*

Akbar Ismi Aziz Pramito*, Sri Haryati, Muhammad Djoni Bustan*

Program Studi Teknik Kimia Program Pascasarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM. 32 Indralaya Ogan Ilir 30662

*Alamat korespondensi: akbarismiaziz@gmail.com (AIAP); djajshanta@yahoo.co.id (MDB)

(Submisi: 14 Februari 2019; Revisi: 31 Maret 2019; Penerimaan: 20 Juni 2019)

ABSTRACT

This study tested the effect of electromagnetic field on density and viscosity of vacuum residue from PT. PERTAMINA Refinery Unit III Plaju. The study was conducted using a batch reactor equipped with electromagnetic. The fixed variable in this study is the vacuum residue mass and cracking time, while the variables which are varied are reaction temperature and electromagnetic field. The study was conducted to see the effect of temperatures ranging from 100, 200, 300 and 400°C, and the use of electromagnets with electric currents of 0A, 5A, 10A, 15A and 20A on the density and viscosity of vacuum residue. The experiment compared the effect of the process with electromagnetic field and without electromagnetic field on the density and viscosity of vacuum residue. The results showed that the lowest density (0.874 g/cm³) and viscosity (0.481 cP) were obtained by using 20A electric current electromagnetic field at a temperature of 400°C.

Keywords: density; electromagnetic field; vacuum residue; viscosity

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh medan elektromagnetik terhadap densitas dan viskositas vakum residu petroleum dari PT. PERTAMINA Unit Pengolahan III Plaju. Pengujian dilakukan dalam reaktor-*batch* yang dilengkapi dengan elektromagnetik. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah massa vakum residu dan waktu *cracking*, sedangkan variabel yang divariasikan adalah suhu *cracking* dan kuat arus listrik elektromagnetik. Studi dilakukan untuk melihat pengaruh suhu mulai dari 100, 200, 300, dan 400°C, serta penggunaan elektromagnet dengan arus listrik sebesar 0A, 5A, 10A, 15A dan 20A terhadap perubahan densitas dan viskositas dari vakum residu. Eksperimen yang dilakukan membandingkan pengaruh proses dengan medan elektromagnetik dan tanpa medan elektromagnet terhadap densitas dan viskositas *vacuum residue*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai densitas dan viskositas vakum residu terendah diperoleh pada penggunaan medan elektromagnetik dengan arus listrik 20A pada suhu 400°C yaitu pada nilai densitas sebesar 0,874 g/cm³ dan nilai viskositas sebesar 0,481 cP.

Kata kunci: densitas; medan elektromagnetik; vakum residu; viskositas

1. Pendahuluan

Kecenderungan penggunaan minyak dunia yang terus meningkat (BP Statistical Review of World Energy 2016) dapat menimbulkan krisis

energi minyak dimasa mendatang. Dengan demikian upaya pemenuhan kebutuhan energi harus difokuskan pada pencarian dan pemanfaatan sumber energi minyak alternatif

DOI: [10.22146/jrekpros.43599](https://doi.org/10.22146/jrekpros.43599)

Copyright © 2019 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Distribution-ShareAlike 4.0 International license.

e-ISSN 2549-1490 p-ISSN 1978-287X

yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Penggunaan minyak bumi menjadi berkurang, dengan diciptakannya teknologi yang bersih dan upaya proteksi terhadap lingkungan global. Salah satu langkah yang dapat ditempuh adalah dengan meningkatkan kembali kualitas (*up-grading*) residu dari fraksinasi minyak bumi *vacuum residue* (VR). Secara umum, tujuan proses *up-grading* VR minyak bumi adalah untuk menurunkan minyak bumi yang memiliki berat molekul besar menjadi minyak yang mempunyai berat molekul kecil. Pengecilan berat molekul ini ditandai dengan penurunan nilai densitas dan viskositas minyak tersebut. Semakin kecil nilai viskositas suatu fluida cair maka semakin besar jarak antar molekul yang dimiliki sehingga dapat disimpulkan bahwa berat molekul minyak kecil jika viskositasnya rendah (Effendi dan Adawiyah, 2014). Terdapat beberapa cara untuk menurunkan viskositas suatu fluida yaitu dengan menaikkan suhu proses *cracking*, menggunakan proses *swelling* atau medan elektromagnetik.

Penelitian yang dilakukan oleh Joelle dkk. (2011), pada penurunan nilai viskositas VR, diperoleh viskositas VR terkecil yaitu 4,5. Penelitian dilakukan pada suhu operasi 80 hingga 240°C dengan menggunakan alat *modelling rheometer* AR2000. Storm dkk. (1990), melakukan penurunan nilai viskositas VR pada suhu operasi 93°C dengan alat viskometer. Nilai viskositas VR terkecil yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 1,8 cps. Selanjutnya cara penurunan nilai viskositas VR oleh Storm dkk. (1994) dirancang kembali menggunakan alat *modelling constant stress Couette* tipe viskometer. Alat ini dilengkapi pemanas nitrogen dengan suhu operasi 25-300°C. Nilai densitas dan viskositas VR terkecil yang diperoleh yaitu 0,95 g/cm³ dan 0,7 cps. Penelitian lain dilakukan oleh Lou dan Gu (2007) menggunakan alat *modelling cone-plate* viskometer pada suhu operasi 20-60°C. Penelitian ini menghasilkan viskositas VR terkecil senilai 12,5 cps. Pada tahun 2015, Stratiev dkk. juga melakukan penelitian serupa menggunakan alat ASTM D5236 dengan suhu operasi 120°C. Nilai viskositas VR terkecil yang diperoleh yaitu 1,55 cP.

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya menunjukkan adanya permasalahan dalam menurunkan nilai densitas dan viskositas VR yang masih tinggi dan belum adanya penambahan medan elektromagnetik ke dalam proses. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh medan elektromagnetik yang ditambahkan kedalam proses pada variasi suhu *cracking* dalam menurunkan densitas dan viskositas VR.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

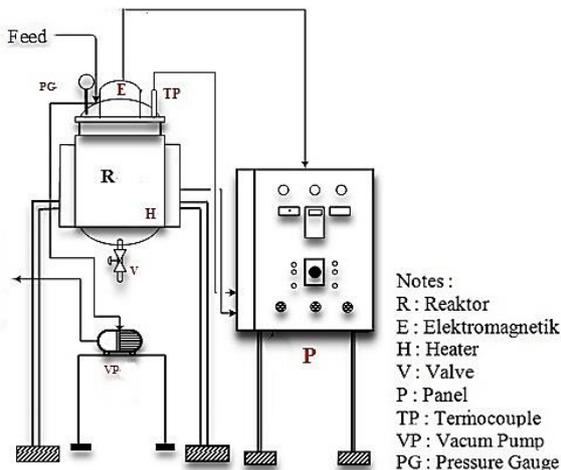
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis VR yang diperoleh dari Unit Pengolahan Pertamina UP III, Plaju, Palembang. Spesifikai VR yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Vacuum Residue

Uji	Unit	Metode Uji	Spesifikasi
Berat Jenis 60/60°F		ASTM D-1298	Max 0,98
<i>Conradson Carbon Residue</i>	%wt	ASTM D-189	Max 12,50
Vanadium (V)	PPm	AAS	Max 2,00
Sodium (Na)	PPm	AAS	Max 90,00
Titik Tuang	°F	ASTM D-97	Max 120
Kandungan Sulfur	%wt	ASTM D-4294	Max 0,35
Kandungan Air	% Vol	ASTM D-95	Max 0,50
Titik Nyala PMCC	°F	ASTM D-93	Min 190
Viskositas Kinematis 170°F	cSt	ASTM D-445	Max 360,00
Parafin	%wt		2,00
<i>Olefins</i>	%wt		16,88
<i>Naphthalene</i>	%wt		4,24
Aromatik	%wt		26,43

2.2 Cara Penelitian

Mula-mula dihitung jumlah lilitan perVolt (GpL) dari elektromagnet selenoida sebagai dasar perhitungan medan elektromagnetik yang dihasilkan dari variasi arus listrik yang digunakan pada elektromagnetik (0, 5, 10, 15, dan 20A). Umpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1000 g VR. Mula-mula umpan dimasukkan ke dalam tangki *pre-heater* kemudian masuk ke dalam reaktor *fixed-batch* untuk proses pemanasan. Sebelum proses pemanasan dimulai, bagian dalam reaktor *fixed-batch* disterilisasi terlebih dahulu dengan cara menghidupkan pompa vakum selama 2-3 menit untuk menghilangkan kandungan gas inert (O_2). Kemudian pemanas di dalam reaktor dan elemen elektromagnetik dihidupkan dengan memvariasikan arus listrik pada 0, 5, 10, 15, dan 20A. Selanjutnya proses pemanasan dimulai hingga suhu yang telah ditentukan (100, 200, 300 dan $400^\circ C$). Waktu *cracking* dilakukan selama 40 menit. Setelah waktu *cracking* tercapai sampel VR diambil untuk pengambilan data. Data yang diperoleh digunakan dalam perhitungan nilai densitas dan viskositas. Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat

2.3 Perhitungan

- a. Penentuan jumlah lilitan perVolt (GpL) elektromagnetik dihitung dengan Persamaan (1).

$$\begin{aligned} GpL &= f/O \\ &= f/\{(Ro-Ri) \times T\} \end{aligned} \quad (1)$$

dengan:

GpL = jumlah lilitan perVolt,
 f = frekuensi (Hz),
 O = luas penampang besi (cm),
 Ri = diameter dalam inti besi teroid (cm),
 Ro = diameter luar inti besi teroid (cm),
 T = tinggi inti besi teroid (cm)

- b. Penentuan kuat medan elektromagnet selenoida dihitung dengan Persamaan (2).

$$B = \frac{\pi_o N I}{2 l} \quad (2)$$

dengan:

B = elemen kuat medan magnet di suatu titik (Tesla),
 μ_o = permeabilitas vakum ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/Am),
 N = banyak lilitan,
 I = arus listrik (A),
 l = panjang solenoida (m)

- c. Penentuan densitas fluida cair dihitung dengan Persamaan (3).

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{Vol \text{ pikno}} \quad (3)$$

dengan:

ρ = densitas (g/cm^3),
 m_1 = massa piknometer isi (g),
 m_2 = massa piknometer kosong (g),
 Vol pikno = volume piknometer (ml)

- d. Penentuan viskositas fluida cair dihitung dengan Persamaan (4).

$$\eta_{vr} = \frac{\rho_{vr} \cdot t_{vr}}{\rho_{air} \cdot t_{air}} \cdot \eta_{air} \quad (4)$$

dengan:

η_{vr} = viskositas vakum residu (cP),
 ρ_{vr} = densitas vakum residu (gr/cm^3),
 t_{vr} = waktu vakum residu (s),
 ρ_{air} = densitas air (gr/cm^3),
 t_{air} = waktu air (s),
 η_{air} = viskositas air (cP)

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama untuk mengetahui pengaruh medan elektromagnetik terhadap denitas dan viskoitas VR perlu mengetahui terlebih dahulu

berapa nilai medan elektromagnet yang dihasilkan dari masing-masing kuat arus listrik yang digunakan. Untuk menghitung kuat medan elektromagnetik perlu juga diketahui terlebih dahulu nilai dari jumlah lilitan perVolt (GpL) elektromagnetiknya, untuk mengetahui jumlah lilitan perVolt (GpL) elektromagnetik menggunakan Persamaan (1).

$$\begin{aligned} \text{GpL} &= f/O \\ &= f/\{(R_o-R_i) \times T\} \\ &= 50\text{Hz}/\{(5-1\text{cm}) \times 15\text{cm}\} \\ &= 187.5 \text{ lilit/volt} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai dari jumlah lilitan perVolt (GpL) elektromagnetik selanjutnya nilai tersebut dimasukkan kedalam Persamaan (2) untuk menghitung kuat medan elektromagnetik (B) solenoida yang dihasilkan dari masing-masing arus listrik.

$$B = \frac{\pi_o NI}{2 l}$$

$$\begin{aligned} B \text{ 5A} &= \frac{1,25663 \cdot 10^{-6} \text{N/A}^2 \times 187,5 \text{lilit/volt} \times 5\text{A}}{2 \times 0,15\text{m}} \\ &= 88,3568 \times 10^{-6} \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \text{ 10A} &= \frac{1,25663 \cdot 10^{-6} \text{N/A}^2 \times 187,5 \text{lilit/volt} \times 10\text{A}}{2 \times 0,15\text{m}} \\ &= 176,714 \times 10^{-6} \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \text{ 15A} &= \frac{1,25663 \cdot 10^{-6} \text{N/A}^2 \times 187,5 \text{lilit/volt} \times 15\text{A}}{2 \times 0,15\text{m}} \\ &= 265,070 \times 10^{-6} \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \text{ 20A} &= \frac{1,25663 \cdot 10^{-6} \text{N/A}^2 \times 187,5 \text{lilit/volt} \times 20\text{A}}{2 \times 0,15\text{m}} \\ &= 353,427 \times 10^{-6} \text{ T} \end{aligned}$$

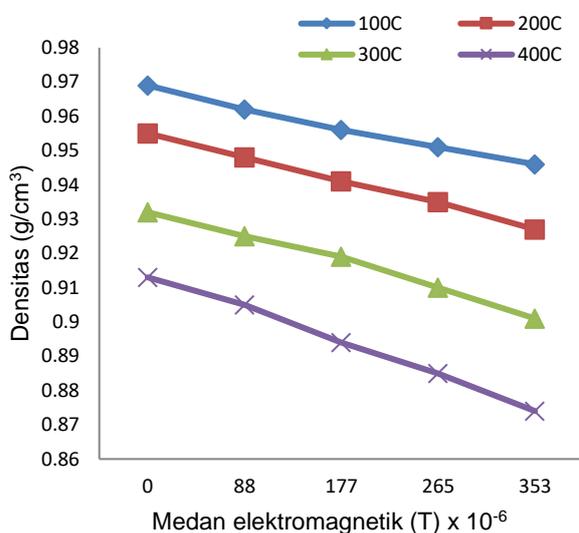
Medan elektromagnetik yang dihasilkan dengan arus listrik yang bervariasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Induksi magnet di solenoida

No	Arus (A)	Kuat Medan (T)
1	0	0
2	5	88,36 x 10 ⁻⁶
3	10	176,71 x 10 ⁻⁶
4	15	265,07 x 10 ⁻⁶
5	20	353,43 x 10 ⁻⁶

3.2 Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Densitas

Eksperimen dilakukan dengan waktu *cracking* 40 menit dan pada medan elektromagnetik yang bervariasi. Gambar 2 menunjukkan pengaruh variasi suhu terhadap medan elektromagnetik dan densitas VR. Dari Gambar 2 juga ditunjukkan bahwa proses tanpa medan elektromagnetik menurun seiring dengan meningkatnya medan elektromagnetik. Pada suhu 400°C yang merupakan variasi suhu tertinggi, diperoleh densitas terendah sebesar 0,874 g/cm³ dengan medan elektromagnetik 353,427 x 10⁻⁶ Tesla. Sementara pada suhu yang sama 400°C proses tanpa medan elektromagnetik diperoleh densitas sebesar 0,913 g/cm³. Nilai ini merupakan densitas tertinggi pada suhu 400 °C. Selanjutnya masih pada suhu 400°C dengan medan elektromagnetik terendah (88,357 x 10⁻⁶ Tesla) diperoleh densitas 0,905 g/cm³. Nilai ini lebih rendah dari proses tanpa medan elektromagnetik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi medan elektromagnetik maka densitas yang diturunkan akan semakin besar.



Gambar 2. Pengaruh medan elektromagnetik terhadap densitas

Medan elektromagnetik sebagai agen pelemah ikatan kimia dapat menurunkan nilai densitas VR. Molekul kompleks hidrokarbon dalam VR dapat dilemahkan lebih cepat adanya medan elektromagnetik daripada tanpa medan

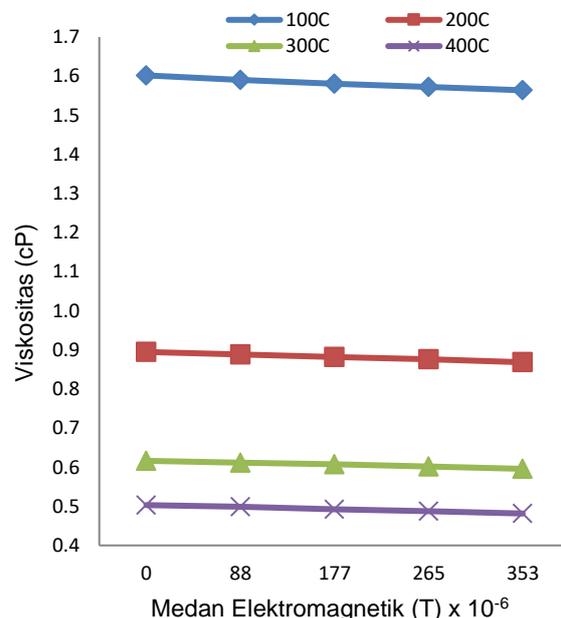
elektromagnetik. Pada penelitian ini medan elektromagnetik sebagai agen pelemah ikatan kimia telah berhasil menurunkan densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan proses tanpa medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik dalam penelitian ini memiliki fungsi untuk meningkatkan pelemahan ikatan hidrokarbon yang kompleks agar mudah diputus dalam proses perengkahan sehingga produk cair dapat diproduksi dalam waktu yang lebih singkat. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan medan elektromagnetik dalam proses dapat mengurangi nilai densitas VR sehingga ikatan kompleks VR dapat lebih cepat diputus pada saat *cracking*.

3.2 Pengaruh Medan Elektromagnetik terhadap Viskositas

Eksperimen dilakukan pada waktu *cracking* 40 menit dan dilakukan pada medan elektromagnetik yang bervariasi. Gambar 4 menunjukkan pengaruh medan elektromagnetik terhadap viskositas pada berbagai variasi suhu. Gambar 3 menyajikan bahwa pada suhu yang berbeda, viskositas VR menurun dengan meningkatnya nilai medan elektromagnetik. Pada variasi suhu dan medan elektromagnetik tertinggi (berturut-turut 400°C dan $353,427 \times 10^{-6}$ Tesla), memberikan nilai viskositas terendah yaitu 0,481 cP. Sementara pada proses tanpa medan elektromagnetik pada suhu 400°C, memberikan nilai viskositas sebesar 0,503 cP, sedangkan pada penggunaan medan elektromagnetik terendah ($88,357 \times 10^{-6}$ Tesla) diperoleh viskositas 0,498 cP. Nilai viskositas yang diperoleh dari proses tanpa medan elektromagnetik merupakan nilai viskositas tertinggi yang dicapai pada suhu 400 °C. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai medan elektromagnetik maka akan menurunkan viskositas semakin banyak. Selain itu, dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa suhu *cracking* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai viskositas.

Medan elektromagnetik sebagai agen pelemah ikatan kimia selain dapat menurunkan nilai densitas VR juga dapat menurunkan nilai viskositas. Hal ini dikarenakan nilai viskositas

berbanding lurus dengan nilai densitas. Molekul kompleks hidrokarbon dalam VR dapat dilemahkan lebih cepat dengan medan elektromagnetik daripada proses tanpa medan elektromagnetik. Artinya dalam percobaan ini medan elektromagnetik sebagai agen pelemah ikatan kimia dapat juga menurunkan nilai viskositas, disamping suhu *cracking* yang sangat berpengaruh. Ini dibuktikan dengan hasil viskositas yang lebih baik dibandingkan dengan proses dengan tanpa medan elektromagnetik pada suhu yang sama. Medan elektromagnetik dalam percobaan ini memiliki fungsi untuk meningkatkan pelemahan ikatan hidrokarbon yang kompleks agar lebih mudah diputus dalam proses perengkahan, sehingga produk cair dapat diproduksi dalam waktu yang lebih singkat. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan medan elektromagnetik dalam proses dapat juga mengurangi nilai viskositas VR sehingga ikatan kompleks VR dapat lebih cepat diputus pada saat proses *cracking*.



Gambar 3. Pengaruh medan elektromagnetik terhadap viskositas

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Joelle dkk. (2011) terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai viskositas. Dalam penelitian tersebut digunakan alat modelling dan diperoleh nilai

viskositas VR sebesar 4,5 cps. Hal ini dapat terjadi karena proses yang dilakukan pada penelitian tersebut dilakukan pada variasi suhu cracking antara 80 hingga 240°C rentang yang lebih rendah dari penelitian ini. Demikian pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Lou dan Gu (2007) penurunan viskositas VR terkecil yang dapat dicapai 12,5 cps. Hal ini juga dapat terjadi karena rentang suhu *cracking* yang digunakan masih rendah antara 20 hingga 60°C. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini suhu *cracking* dilakukan pada variasi suhu 200 hingga 400 °C dan penambahan elektromagnetik. Dari hasil penelitian diperoleh nilai densitas dan viskositas VR terendah berturut-turut sebesar 0,874 g/cm³ dan 0,4815 cP. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan medan elektromagnetik dapat menurunkan nilai densitas dan viskositas VR.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada kondisi operasi suhu 400 °C tanpa medan elektromagnetik diperoleh nilai densitas dan viskositas VR terendah berturut-turut sebesar 0,913 g/cm³ dan 0,503 cP. Selain itu, arus listrik 20 A menghasilkan medan elektromagnetik tertinggi yaitu 353,427 x 10⁻⁶ Tesla. Hasil terbaik dari penurunan densitas dan viskositas VR diperoleh pada suhu operasi 400°C dan arus listrik 20 A yaitu 0,874 g/cm³ dan 0,481 cP.

Daftar Pustaka

- BP Statistical Review of World Energy, 2016. diakses: <http://oilproduction.net/files/especial-BP/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
- Effendi, S. M. dan Adawiyah R., 2014, Penurunan nilai kekentalan akibat pengaruh kenaikan temperature pada beberapa merek minyak pelumas, Jurnal INTEKNA, 14, 1-9
- Joelle, E., Isabelle, H., and Pierre, L., 2011, Organization of Asphaltenes in a Vacuum

- Residue: A Small-Angle X-ray Scattering (SAXS)-Viscosity Approach at High Temperatures, Fuel, 26, 2696-2704
- Luo, P., and Gu, Y., 2007, Effects of asphaltene content on the heavy oil viscosity at different temperatures, Fuel, 86, 1069-1078
- Storm, A. D., Barresi, J. R., and DeCanio, J. S., 1990, Colloidal nature of vacuum residue, Butterworth-Heinemann Ltd, Fuel, Vol 70, 779-782
- Storm, A. D., Barresi, J. R., and Sheu, Y. E., 1994, Rheological Study of Ratawi Vacuum Residue in the 298-673 K Temperature Range, Energy & Fuel, 9, 168-176
- Stratiev, D., Nedelchev, A., and Shishkova, I., 2015, Dependence of visbroken residue viscosity and vacuum residue conversion in a commercial visbreaker unit on feedstock quality, Fuel Process. Technol., FUPROC-04617