

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan elemen esensial dalam berbagai aspek kehidupan manusia dan lingkungan. Berdasarkan laporan International Energy Agency (IEA), ketergantungan global terhadap bahan bakar fosil sebagai sumber energi tetap signifikan. Subsidi global untuk bahan bakar fosil meningkat drastis, mencapai lebih dari 1 triliun USD, dengan subsidi minyak yang meningkat sekitar 85%. Peningkatan ini selaras dengan proyeksi kenaikan permintaan minyak global hingga 105,7 juta barel per hari (mb/d), yang didorong oleh tingginya kebutuhan di sektor petrokimia dan penerbangan (IEA, 2023).

Meningkatnya ketergantungan pada sumber daya fosil dan minyak membutuhkan penerapan strategi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi perolehan minyak mentah. *Enhanced Oil Recovery* (EOR) merupakan metode yang memungkinkan ekstraksi tambahan minyak mentah dari reservoir yang tidak dapat diperoleh melalui metode pemulihan primer maupun sekunder, dengan tingkat pemulihan mencapai 30-60%. Nanopartikel dianggap sebagai salah satu metode kimia yang menjanjikan dalam aplikasi EOR (Sircar dkk, 2022).

Aplikasi nanoteknologi dalam bentuk nanofluida dikombinasikan dengan surfaktan dapat lebih meningkatkan efisiensi perolehan minyak dari reservoir dalam metode EOR. Mekanisme peningkatan efisiensi metode EOR melalui pengurangan tegangan permukaan, perubahan keterbasahan, kontrol mobilitas, dan peningkatan viskositas. (Soelemani dkk, 2018).

Nanopartikel dalam nanosuspensi, dengan ukuran berkisar antara 1 hingga 100 nm, ukuran yang sangat kecil ini memungkinkan nanopartikel bergerak melalui media berpori tanpa pengurangan permeabilitas, rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi menyebabkan peningkatan sifat-sifat penting lainnya dari nanofluida. Selain itu, nanopartikel menunjukkan sifat fisikokimia dan mekanik yang unik, termasuk ketahanan terhadap degradasi. Ciri khas nanopartikel ini memungkinkan pemulihan minyak tambahan dengan mengubah tegangan antarmuka antara minyak dan air dan mengubah keterbasahan batuan

reservoir menjadi keterbasahan air (*water wet*) yang mendorong pemulihan minyak. Nanopartikel juga dapat mengubah viskositas cairan yang disuntikkan, sehingga lebih efektif dalam memobilisasi minyak yang terperangkap dalam metode EOR. Penggunaan *multi-walled carbon nanotubes* (MWCNT) yang memiliki konduktivitas termal dan stabilitas tinggi dapat meningkatkan karakteristik termofisika nanofluida berbasis minyak mentah (Mousavi, 2023).

Nanopartikel cenderung menggumpal atau mengendap dalam suspensi karena luas permukaannya yang tinggi dan gaya Van der Waals yang bekerja di antara partikel tersebut, sehingga menjadi tantangan untuk memastikan kompatibilitas dan stabilitasnya. Penggumpalan nanopartikel dalam nanosuspensi merupakan hasil tingginya energi permukaan partikel tersebut. Ketika partikel-partikel tersebut menggumpal dan mengendap, konduktivitas termal nanofluida akan menurun, yang akan berdampak negatif pada proses perpindahan panas. Hal ini dikenal sebagai penurunan stabilitas nanofluida, penggunaan surfaktan menjadi solusi untuk menciptakan daya tarik listrik yang lemah dengan nanopartikel yang diinginkan, Surfaktan memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas nanofluida, mencegah aglomerasi nanopartikel, dan memastikan dispersi seragam (Mousavi, 2023).

Stabilitas nanofluida memainkan peran penting dalam kinerjanya, ultrasonikasi dan pengadukan magnetik adalah metode pencampuran mekanis yang umum untuk mendispersikan nanopartikel membentuk nanofluida yang stabil. Ultrasonikasi adalah metode umum yang digunakan untuk menghomogenisasi *carbon nanotube* (CNT) dalam pelarut air. Proses ini melibatkan penggunaan gelombang suara frekuensi tinggi untuk memecah agregat CNT dan mendispersinya dalam pelarut. Penggunaan prosesor ultrasonik dalam preparasi nanofluida akan memecah aglomerasi nanopartikel dan meningkatkan stabilitas nanofluida. (Arrigo dkk, 2018).

Surfaktan memiliki struktur molekul yang terdiri dari gugus hidrofilik yang memiliki daya tarik kuat terhadap pelarut dan gugus hidrofobik, yang memiliki daya tarik sangat kecil terhadap pelarut. Memasukkan surfaktan dapat menurunkan tegangan antar muka antara larutan air dan minyak yang dimasukkan

serta mengubah keterbasahan permukaan batuan. Surfaktan yang digunakan dalam aplikasi EOR memodifikasi interaksi antara fase cair dan padat reservoir. Dengan membentuk tetesan minyak yang lebih kecil, surfaktan mencegah penyumbatan pori-pori dan memfasilitasi pergerakan melalui reservoir, sehingga meningkatkan perolehan minyak secara keseluruhan. Surfaktan dengan muatan permukaan yang identik menurunkan adsorpsi surfaktan. Sifat lain seperti pH dan konsentrasi garam juga mempengaruhi adsorpsi surfaktan (Pandey dkk, 2024).

Surfaktan seperti *sodium dodecyl sulfate* (SDS) digunakan untuk meningkatkan dispersi *carbon nanotube* (CNT) dalam larutan air. Konsentrasi surfaktan dalam larutan CNT merupakan faktor penting dalam meningkatkan strategi EOR. Abdulhameed dkk. (2022) melaporkan bahwa konsentrasi SDS optimal dalam larutan MWCNT adalah pada massa 0,1 hingga 0,01%. Konsentrasi $\text{SDS} \geq 0,5\%$ tidak diinginkan karena dapat mempengaruhi kelarutan secara negatif. Penelitian ini menyimpulkan bahwa konduktivitas larutan MWCNT meningkat secara eksponensial dengan peningkatan konsentrasi SDS. Konsentrasi MWCNT yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak tabung tunggal dengan puncak serapan yang lebih tinggi. Selain itu, konsentrasi MWCNT yang lebih tinggi menyebabkan munculnya beberapa suspensi, yang meminimalkan stabilitas nanofluida.

Soelemani dkk, 2018 berhasil mensintesis MWCNT menggunakan teknik CVD dengan cara pirolisis toluena dan ferosen dalam lingkungan gas inert. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menyelidiki nilai konsentrasi optimum di mana interaksi minyak-air dan kebasahan media berpori dapat dipengaruhi oleh MWCNT yang dimodifikasi permukaan ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon nanotube dapat menghasilkan faktor pemulihan tambahan sebesar 18,57% dalam sampel manik kaca. Telah diamati bahwa nanofluida dengan nilai tegangan permukaan yang tinggi memberikan pemulihan yang lebih tinggi. Ditemukan bahwa nilai konsentrasi optimum adalah 0,3 wt% yang mana tegangan permukaan maksimum 33,46 mN/m dan faktor pemulihan minyak 18,57% teramati. Peningkatan faktor pemulihan ini dapat dikenali karena pengurangan tegangan antarmuka dan perubahan keterbasahan.

Heris dkk, (2024) meneliti efek multi-walled *carbon nanotubes* (MWCNT) dan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) dalam minyak mentah berbasis anionik, dengan tujuan meningkatkan atribut termofisika dalam proses EOR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio MWCNT dan SDS sebesar 1:1 mengakibatkan penurunan tegangan antar muka sebesar 10% dengan dampak minimal pada viskositas. Viskositas menunjukkan peningkatan sebesar 190% pada 40°C dengan rasio perbandingan 2:1, sementara perubahan densitas paling kecil, yaitu 0,81% pada 60 °C dengan rasio 1:1. Tegangan antar muka konsisten menurun dari waktu ke waktu pada semua rasio, dengan penurunan paling signifikan pada 40°C dan 60 °C, khususnya pada rasio 1:2 dan 1:1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi dan rasio spesifik dapat mengubah perilaku fluida secara signifikan, yang sangat penting untuk mengoptimalkan aplikasi EOR.

Sebagaimana yang diamati pada literatur, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan nanofluida sebagai material EOR menggunakan *multi walled carbon nanotubes* (MWCNT) sebagai material nano dan *sodium dodesyl sulphate* (SDS) sebagai surfaktan yang dihomogenisasi dengan menggunakan teknik *stirring* diikuti ultrasonikasi dengan variasi konsentrasi MWCNT yaitu 0,0002 g/ml %; 0,0004 g/ml %; 0,0006 g/ml %; 0,0008 g/ml %; dan 0,001 g/ml % dan konsentrasi SDS yaitu 0,1%. Analisis yang dilakukan bersifat dasar untuk mengetahui kemampuan nanofluida sebagai material yang akan diterapkan dalam metode *enhanced oil recovery* (EOR) dengan beberapa analisis yaitu analisis viskositas, stabilitas, dan perubahan keterbasahan menggunakan uji sudut kontak.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Membuat material nanofluida MWCNT/SDS menggunakan metode ultrasonikasi dengan variasi konsentrasi massa MWCNT.
2. Melakukan pengukuran kestabilan dan viskositas nanofluida MWCNT/SDS pada setiap variasi konsentrasi MWCNT.
3. Melakukan pengukuran dan analisis sudut kontak nanofluida MWCNT/SDS terhadap *core* (batuan) pada setiap variasi konsentrasi MWCNT untuk mengetahui perubahan keterbasahan.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memperoleh material nanofluida MWCNT/SDS dengan variasi massa MWCNT menggunakan metode ultrasonikasi.
2. Mengetahui kestabilan dan nilai viskositas dari nanofluida yang telah disintesis untuk penerapan sebagai material EOR.
3. Memperoleh nilai sudut kontak pada masing-masing variasi konsentrasi MWCNT pada nanofluida untuk mengetahui perubahan keterbasahan.