

**STUDI LABORATORIUM PENGARUH KONSENTRASI
HYDROPHOBIC SILICA NANOPARTICLES DAN SALINITAS
AIR FORMASI TERHADAP STABILITAS SISTEM
FOAM/EMULSI FLUIDA PENDESAK UNTUK PROSES
PENINGKATAN FAKTOR PEROLEHAN MINYAK (EOR)**

TUGAS AKHIR

YOHANES BERCHMANS BAYUAJI BANENDRO

124.15.010



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2020**

**STUDI LABORATORIUM PENGARUH KONSENTRASI
HYDROPHOBIC SILICA NANOPARTICLES DAN SALINITAS
AIR FORMASI TERHADAP STABILITAS SISTEM
FOAM/EMULSI FLUIDA PENDESAK UNTUK PROSES
PENINGKATAN FAKTOR PEROLEHAN MINYAK (EOR)**

TUGAS AKHIR

YOHANES BERCHMANS BAYUAJI BANENDRO

124.15.010


Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Perminyakan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2020**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yohanes Berchmans Bayuaji Banendro
NIM : 124.15.010
Tanda Tangan : 
Tanggal : 6 September 2020

**STUDI LABORATORIUM PENGARUH KONSENTRASI
HYDROPHOBIC SILICA NANOPARTICLES DAN SALINITAS
AIR FORMASI TERHADAP STABILITAS SISTEM
FOAM/EMULSI FLUIDA PENDESAK UNTUK PROSES
PENINGKATAN FAKTOR PEROLEHAN MINYAK (EOR)**

TUGAS AKHIR

YOHANES BERCHMANS BAYUAJI BANENDRO

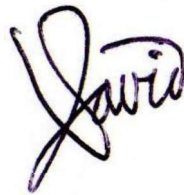
124.15.010

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Perminyakan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 6 September 2020

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'David', with a stylized flourish at the end.

(David Maurich, S.T., M.T.)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Perminyakan, Institut Teknologi dan Sains Bandung. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (2) Bapak Aries Prasetyo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi dan Sains Bandung;
- (3) Bapak David Maurich, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
- (4) Dosen-dosen Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi dan Sains Bandung;
- (5) Teman-teman Mahasiswa/i Teknik Perminyakan Institut Teknologi dan Sains Bandung;
- (6) Himpunan Mahasiswa Teknik Perminyakan “PETROLEA” Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Kota Deltamas, 6 September 2020

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohanes Berchmans Bayuaji Banendro
NIM : 124.15.010
Program Studi : Teknik Perminyakan
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi Laboratorium Pengaruh Konsentrasi *Hydrophobic Silica Nanoparticles* Dan Salinitas Air Formasi Terhadap Stabilitas Sistem *Foam*/Emulsi Fluida Pendesak Untuk Proses Peningkatan Faktor Perolehan Minyak (EOR)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas

Pada tanggal : 6 September 2020

Yang menyatakan



(Yohanes Berchmans Bayuaji Banendro)

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR SIMBOL | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.3.1 Maksud | 4 |
| 1.3.2 Tujuan | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 5 |
| 1.6 Metodologi Penelitian | 5 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Mekanisme Pengurusan Hidrokarbon | 7 |
| 2.1.1 Pengurusan Tahap Awal (<i>Primary Recovery</i>) | 8 |
| 2.1.2 Pengurusan Tahap Kedua (<i>Secondary Recovery</i>) | 9 |
| 2.1.3 Pengurusan Tahap Lanjut (<i>Enhanced Recovery</i>) | 10 |
| 2.2 Nanopartikel | 12 |
| 2.2.1 <i>Small Ultra-Size</i> | 13 |
| 2.2.2 <i>Very High Surface to Volume Ratio</i> | 14 |
| 2.2.3 <i>Low Cost and Environmental Friendliness</i> | 14 |
| 2.3 Tipe Nanopartikel | 15 |
| 2.3.1 <i>Magnetic Nanoparticles</i> | 15 |
| 2.3.2 <i>Metallic Nanoparticles</i> | 16 |
| 2.3.3 <i>Metal Oxide Nanoparticles</i> | 17 |
| 2.4 <i>Reservoir and Fluid Properties</i> | 18 |
| 2.4.1 Porositas | 19 |
| 2.4.2 Permeabilitas | 19 |
| 2.4.3 Permeabilitas Relatif | 20 |

DAFTAR ISI (lanjutan)

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.4.4 | <i>Wettability</i> | 21 |
| 2.4.5 | Tekanan Kapiler | 21 |
| 2.4.6 | Saturasi | 22 |
| 2.4.7 | Viskositas | 23 |
| 2.4.8 | <i>Surface and Interfacial Tension</i> | 24 |
| 2.4.9 | Densitas | 24 |
| 2.5 | <i>Recovery Efficiency</i> | 25 |
| 2.5.1 | Efisiensi Pendesak (Microscopic Displacement Efficiency) | 25 |
| 2.5.2 | Efisiensi Penyapuan (Macroscopic Sweep Efficiency) | 25 |
| 2.5.2.1 | <i>Reservoir Heterogeneity</i> | 26 |
| 2.5.2.2 | <i>Gravity Segregation</i> dan <i>Viscous Fingering</i> | 26 |
| 2.5.2.3 | <i>Mobility Ratio</i> | 27 |
| 2.6 | <i>Foam</i> dan Emulsi | 29 |
| 2.7 | Kestabilan <i>Foam</i> /Emulsi Suspensi Nanopartikel | 30 |
| 2.7.1 | Definisi Kestabilan Emulsi | 30 |
| 2.7.2 | <i>Critical Salt Concentration (CSC)</i> | 30 |
| 2.7.3 | Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan <i>Foam</i> /Emulsi Suspensi NP | 31 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 36 |
| 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 36 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 38 |
| 3.3 | Prosedur Kerja | 40 |
| 3.3.1 | Persiapan <i>Brine</i> | 40 |
| 3.3.2 | Persiapan Larutan Nanopartikel | 40 |
| 3.3.3 | Pengukuran Sifat Fisik Fluida | 40 |
| 3.3.4 | Pengujian Kestabilan <i>Foam</i> /Emulsi | 44 |
| BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN | | 45 |
| 4.1 | Pengujian Larutan <i>Brine</i> dan Larutan NP | 45 |
| 4.2 | Hasil Pengukuran Sifat Fisik Fluida | 45 |
| 4.3 | Pengaruh Salinitas dan Konsentrasi NP Terhadap Viskositas..... | 46 |
| 4.4 | Uji Kestabilan <i>Foam</i> /Emulsi | 50 |
| 4.5 | Pengaruh Salinitas dan Konsentrasi NP Terhadap <i>Foam/Emulsion Stability</i> | 50 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 63 |
| 5.1 | Kesimpulan | 63 |
| 5.2 | Saran | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 65 |
| LAMPIRAN | | 76 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data Sifat Fisik Fluida | 46 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Kestabilan <i>Foam</i> /Emulsi..... | 50 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Pembagian Metode Perolehan Minyak | 7 |
| Gambar 2.2 Kategori Teknologi EOR | 12 |
| Gambar 2.3 FESEM Penggunaan Berbagai Nanopartikel Secara Umum | 13 |
| Gambar 2.4 Skema Nanopartikel Dengan Perbandingan Luas Permukaan Yang Tinggi Terhadap Volume | 14 |
| Gambar 2.5 Nanopartikel <i>Wedge-Film</i> | 16 |
| Gambar 2.6 Osilasi <i>Metalic Nanoparticles</i> | 17 |
| Gambar 2.7 Permeabilitas Relatif Minyak/Air Pada Fasa <i>Drainage</i> dan <i>Imbibition</i> | 20 |
| Gambar 2.8 Kurva Tekanan Kapiler dan Hubungan Antara <i>Wettability</i> Terhadap P_c berdasarkan <i>Amott Method</i> dan <i>USBM Test</i> | 22 |
| Gambar 2.9 Profil Kecepatan Fluida Yang Masuk Antara Dua Permukaan Datar | 23 |
| Gambar 2.10 <i>Cappillary Equilibrium of a Spherical Gap</i> | 24 |
| Gambar 2.11 Variasi Densitas Air Terhadap Perubahan Tekanan dan Temperatur | 25 |
| Gambar 2.12 <i>Viscous fingering in a quarter five-spot model for two different mobility ratios</i> | 29 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 36 |
| Gambar 3.2 Skema <i>Contact Angle</i> Pada Permukaan <i>Hydrophilic</i> dan <i>Hydrophobic</i> | 38 |
| Gambar 3.3 <i>Phase Diagram CO₂</i> | 39 |
| Gambar 3.4 Grafik MMP CO_2 | 39 |
| Gambar 3.5 Persiapan <i>Brine</i> | 40 |
| Gambar 3.6 Persiapan Larutan Nanopartikel | 40 |
| Gambar 3.7 Pengukuran Densitas Menggunakan <i>Picnometer</i> | 42 |
| Gambar 3.8 Pengukuran Viskositas Menggunakan <i>Ostwald Viscometer</i> | 43 |
| Gambar 3.9 Pengujian Kestabilan <i>Foam/Emulsi</i> | 44 |
| Gambar 4.1 Sampel Larutan <i>Brine</i> dan Larutan Nanopartikel | 45 |
| Gambar 4.2 Grafik Densitas <i>Brine</i> | 47 |
| Gambar 4.3 Grafik Densitas Larutan Nanopartikel | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik Viskositas <i>Brine</i> | 48 |
| Gambar 4.5 Grafik Viskositas Larutan Nanopartikel | 48 |
| Gambar 4.6 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 1000 ppm (t = 0 hour) | 51 |
| Gambar 4.7 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 5000 ppm (t = 0 hour) | 52 |
| Gambar 4.8 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 10000 ppm (t = 0 hour) | 52 |
| Gambar 4.9 Komparasi Pembentukan <i>Foam</i> (t = 0 hour) | 54 |
| Gambar 4.10 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 1000 ppm (t = 192 hours) | 55 |
| Gambar 4.11 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 5000 ppm (t = 192 hours) | 56 |

DAFTAR GAMBAR (*lanjutan*)

| | |
|---|----|
| Gambar 4.12 <i>Phase Behavior Scan</i> - NP 10000 ppm (t = 192 hours) | 56 |
| Gambar 4.13 Komparasi Pembentukan <i>Foam</i> /Emulsi (t = 192 hours) | 57 |
| Gambar 4.14 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 5000 ppm..... | 58 |
| Gambar 4.15 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 10000 ppm..... | 59 |
| Gambar 4.16 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 20000 ppm..... | 60 |
| Gambar 4.17 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 50000 ppm..... | 60 |
| Gambar 4.18 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 100000 ppm..... | 61 |
| Gambar 4.19 Grafik Kestabilan Emulsi pada Salinitas 200000 ppm..... | 62 |

DAFTAR SIMBOL

| | | |
|--------------------|---|-----------------------|
| A | = | Luas Permukaan |
| $^{\circ}\text{C}$ | = | <i>Celcius</i> |
| $^{\circ}\text{F}$ | = | <i>Fahrenheit</i> |
| k | = | Permeabilitas |
| k_{ro} | = | Permeabilitas Relatif |
| P | = | Tekanan |
| P_c | = | Tekanan Kapiler |
| q | = | Laju Alir |
| S_w | = | Saturasi Air |
| S_o | = | Saturasi Minyak |
| S_g | = | Saturasi Gas |
| t_{avg} | = | Waktu Rata-rata |
| x | = | Jarak |
| ρ | = | Densitas |
| τ | = | Tegangan Geser |
| μ | = | Viskositas |
| ϕ | = | Porositas |

DAFTAR SINGKATAN

| | | |
|-----------------|---|---|
| atm | = | <i>Atmospheric</i> |
| Conc. | = | Konsentrasi |
| CO ₂ | = | Karbon Dioksida |
| CSS | = | <i>Cyclic Steam Simulation</i> |
| EOR | = | <i>Enhanced Oil Recovery</i> |
| IFT | = | <i>Interfacial Tension</i> |
| Kg | = | <i>Kilogram</i> |
| ml | = | <i>Mili Liter</i> |
| m ³ | = | <i>Meter Cubic</i> |
| NaCl | = | Natrium Klorida |
| nm | = | <i>Nanometer</i> |
| NP | = | Nanopartikel |
| OOIP | = | <i>Originally Oil In Place</i> |
| ppm | = | <i>Part per Million</i> |
| SAGD | = | <i>Steam Flooding and Steam-Assisted Gravity Drainage</i> |
| SG | = | <i>Specific Gravity</i> |