

**PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN
EKSPONEN SATURASI**

TUGAS AKHIR

**CATUR KRISTIAWAN
124.16.021**



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

**PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN
EKSPONEN SATURASI**

TUGAS AKHIR

**CATUR KRISTIAWAN
124.16.021**

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
JULI 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 : Catur Kristiawan

NIM : 124.16.021

Tanda Tangan : 

Tanggal : 8 Juli 2020

**PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN
EKSPONEN SATURASI**

TUGAS AKHIR

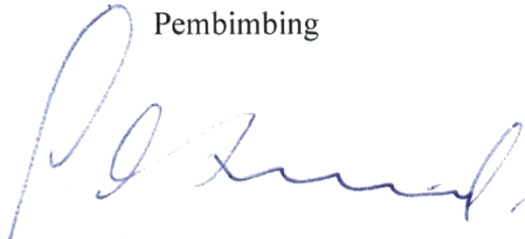
**CATUR KRISTIAWAN
124.16.021**

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

Menyetujui,

Kota Deltamas, 8 Juli 2020

Pembimbing



Prof. Ir. Pudji Permadi, M.Sc., Ph.D.

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) Ir. Aries Prasetyo, M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Perminyakan di Institut Teknologi dan Sains Bandung dan Dosen Pengampu mata kuliah Tugas Akhir ini;
- (3) Prof. Ir. Pudji Permadi, M.Sc., Ph.D. atas segala saran, bimbingan dan nasihatnya selama penelitian berlangsung dan selama penulisan tugas akhir ini.

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 pengetahuan.

Kota Deltamas, 8 Juli 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 : Catur Kristiawan

NIM : 124.16.021

Program Studi : Teknik Perminyakan

Fakultas : Teknik dan Desain

Jenis karya : Tugas Akhir

demikian demi 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 :

“ PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN EKSPONEN SATURASI ”

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 : 8 Juli 2020

Yang menyatakan



(Catur Kristiawan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABLE	xv
BAB I PENDAHULUAN	16
I.1 Latar Belakang Masalah	18
I.2 Rumusan Masalah	21
I.3 Maksud dan Tujuan	22
I.4 Hipotesis	22
I.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	24
I.6 Manfaat Hasil Penelitian	24
I.7 Sistematika Penulisan	25
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	27
II.1 Evaluasi Formasi	27
II.2 Eksponen Saturasi	28
II.3 Kebasahan pada Batuan Reservoir	31
II.4 Pengukuran Kondisi Kebasahan Batuan di Laboratorium	34
II.5 Pengukuran Kondisi Kebasahan <i>In-Situ</i> Reservoir	38
II.6 Penentuan Eksponen Saturasi Kaitannya dengan Kondisi Kebasahan <i>In-Situ</i> Reservoir	39
II.7 Pengaruh Kondisi Kebasahan Batuan terhadap Kurva Tekanan Kapiler.....	42
II.8 Hubungan Kondisi Kebasahan Batuan terhadap <i>Relative Permeability</i>	48
II.9 Penentuan Kondisi Kebasahan <i>In-Situ</i> Reservoir dari Gradien Tekanan.....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	56
III.1 Diagram Alir Langkah Kerja Penelitian	57
III.2 Model Hubungan Histori Saturasi dengan Parameter Archie.....	58

III.3 Sensitivitas Model Persamaan Pola Grafis	62
BAB IV DATA DAN PENGOLAHAN DATA	67
IV.1 Ketersediaan Data.....	67
IV.2 Data Lumpur Pemboran dan Log Sumur.....	68
IV.3 Data Pengukuran Sampel Batuan	71
IV.3.1 Analisa <i>Routine Core</i>	71
IV.3.2 Analisa XRD	73
IV.3.3 Analisa <i>Special Core</i>	74
IV.4 Data Pengujian Tekanan.....	78
IV.5 Data Fluida Reservoir.....	78
IV.6 Koreksi Data Log Sumur.....	81
IV.7 Validasi Log Porositas.....	82
IV.8 Validasi Pengembangan Metode Penentuan Eksponen Saturasi.....	87
IV.9 Penentuan Eksponen Saturasi dengan Metode Terdahulu.....	89
IV.9.1 Metode Krygowski.....	90
IV.9.2 Metode Al-Hilali	91
IV.10 Penentuan Eksponen Saturasi dengan Pengembangan Metode Baru	93
IV.11 Analisa Kondisi Kebasahan <i>In-Situ</i> Reservoir	94
IV.11.1 Interpretasi Data Tekanan	94
IV.11.2 Perhitungan <i>Contact Angle</i>	97
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	100
V.1 Evaluasi Pengukuran <i>Core</i>	100
V.2 Evaluasi Penentuan Kondisi Kebasahan <i>In-Situ</i> Reservoir	102
V.3 Analisa Metode Penentuan Eksponen Saturasi Terdahulu	103
V.4 Perbandingan Metode Penentuan Eksponen Saturasi	104
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	107
VI.1 Kesimpulan.....	107
VI.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Dampak “n” pada perhitungan S_w menggunakan persamaan Archie	31
Gambar II.2 Fenomena adhesi minyak pada batuan reservoir karbonat.....	33
Gambar II.2 A) Metode Amott, B) Metode USBM, dan C) Pengukuran Sudut Kontak.....	34
Gambar II.3 Penentuan <i>saturation exponent</i> dengan plot antara porositas dan resistivitas berdasarkan nilai BVW yang sama	40
Gambar II.4 Penentuan eksponen saturasi dengan plot antara R_t dan $Phie$	41
Gambar II.5 Kurva $P_c(S_w)$ pada sistem <i>water-wet</i> dan <i>oil-wet</i>	45
Gambar II.6 Pengukuran <i>wettability</i> USBM: (I, pendorongan oleh air dan II, pendorongan oleh minyak) (a) <i>untreated core</i> , (b) <i>core treated</i> dengan organochlorosilanes, (c) <i>core pretreated</i> dengan minyak selama 324 jam pada 140oF; air yang mengandung 1000 ppm <i>sodium tripolyphosphate</i>	46
Gambar II.7 Tekanan kapiler <i>drainage</i> dan imbibisi.....	47
Gambar II.8 Percobaan tekanan kapiler untuk sistem minyak-air	48
Gambar II.10 Distribusi level fluida berdasarkan karakteristik tekanan formasi secara vertikal pada <i>water-wet reservoir</i>	51
Gambar II.11 Distribusi level fluida berdasarkan karakteristik tekanan formasi secara vertikal pada <i>oil-wet reservoir</i>	52
Gambar II.12 Formasi <i>water wet</i> : (a) skematik distribusi level fluida di lubang bor dalam media berpori, (b) profil resistivitas dan saturasi air, dan (c) profil tekanan formasi.....	53
Gambar II.13 Formasi <i>oil wet</i> : (a) skematik distribusi level fluida di lubang bor dalam media berpori, (b) profil resistivitas dan saturasi air, dan (c) profil tekanan formasi.....	54
Gambar II.14 Formasi <i>neutral wet</i> : (a) skematik distribusi level fluida di lubang bor dalam media berpori, (b) profil resistivitas dan saturasi air, dan (c) profil tekanan formasi.....	55
Gambar III.1 Diagram alir pengembangan metode penentuan eksponen saturasi	58
Gambar III.2 Kurva log-log plot untuk menentukan eksponen saturasi	61
Gambar III.3 Plot data buatan sebagai model inisial untuk sensitivitas	63
Gambar III.4 Sensitivitas perolehan nilai “n” terhadap perubahan porositas	64
Gambar III.5 Sensitivitas perolehan nilai “n” terhadap perubahan resistivitas	64
Gambar III.6 Sensitivitas perolehan nilai “n” terhadap perubahan resistivitas dan penurunan porositas	65

Gambar III.7 Sensitivitas perolehan nilai “n” terhadap perubahan resistivitas dan kenaikan porositas	65
Gambar III.8 Model distribusi saturasi berkaitan dengan sifat kebasahan batuan	66
Gambar IV.1 Plot kurva log mentah <i>triple combo</i> Sumur G-1	69
Gambar IV.2 Plot kurva log mentah <i>triple combo</i> Sumur R-15	70
Gambar IV.3 Plot kurva log mentah <i>triple combo</i> Sumur T-2.....	70
Gambar IV.4 Rangkuman pengukuran <i>routine core</i> Sumur G-1	72
Gambar IV.5 Rangkuman pengukuran <i>routine core</i> Sumur R-15.....	72
Gambar IV.6 Rangkuman pengukuran <i>routine core</i> Sumur T-2	73
Gambar IV.7 Data tekanan kapiler dan relatif permeabilitas Sumur G-1.....	77
Gambar IV.8 Data tekanan kapiler dan relatif permeabilitas Sumur R-15.....	77
Gambar IV.9 Data tekanan kapiler dan relatif permeabilitas Sumur T-2	77
Gambar IV.10 Koreksi lingkungan pada Sumur T-2	82
Gambar IV.11 Plot kurva log determinasi porositas Sumur G-1	83
Gambar IV.12 Plot kurva log determinasi porositas Sumur R-15.....	84
Gambar IV.13 Plot kurva log determinasi porositas Sumur T-2	84
Gambar IV.14 Validasi porositas Sumur G-1	86
Gambar IV.15 Validasi porositas Sumur R-15	86
Gambar IV.16 Validasi porositas Sumur T-2.....	86
Gambar IV.17 Pickett plot Sumur G-1.....	87
Gambar IV.18 Estimasi Ro pada Sumur G-1	88
Gambar IV.19 Validasi pengembangan metode eksponen saturasi pada Sumur G-1.....	89
Gambar IV.20 Penentuan eksponen saturasi metode Krygowski	91
Gambar IV.21 Investigasi interval <i>irreducible water level</i> metode Al-Hilali.....	92
Gambar IV.22 Penentuan eksponen saturasi metode Al-Hilali.....	92
Gambar IV.23 Penentuan eksponen saturasi metode baru Sumur R-15	93
Gambar IV.24 Penentuan eksponen saturasi metode baru Sumur T-2.....	94
Gambar IV.25 Plot antara tekanan formasi terhadap <i>true vertical depth</i> (TVD) ..	95
Gambar IV.26 Penentuan MWL pada Sumur R-15.....	96
Gambar IV.27 Penentuan MWL pada Sumur T-2	96
Gambar IV.28 Kurva untuk menentukan densitas air pada kondisi standar	98

DAFTAR TABLE

Tabel II.1 Distribusi reservoir wettability berdasarkan sudut kontak	36
Tabel IV.1 Ketersediaan Data.....	68
Tabel IV.2 Data lumpur pemboran Sumur G-1	68
Tabel IV.3 Data lumpur pemboran Sumur R-15.....	69
Tabel IV.4 Data lumpur pemboran Sumur T-2	69
Tabel IV.5 Data XRD Sumur R-15.....	74
Tabel IV.6 Tipikal sifat-sifat fisika fluida di reservoir dan laboratorium.....	75
Tabel IV.6 Sifat kebasahan sampel batuan	76
Tabel IV.7 Data komposisi minyak pada Sumur T-2.....	79
Tabel IV.8 Data komposisi minyak untuk Sumur R-15.....	79
Tabel IV.9 Data sifat fisik fluida reservoir untuk Sumur T-2	80
Tabel IV.10 Data sifat fisik fluida untuk Sumur R-15	80
Tabel IV.11 Data water analysis untuk Sumur R-15.....	81
Tabel IV.12 Ringkasan umum koreksi lingkungan pada log sumuran	81
Tabel IV.13 Parameter “a”, “m” dan Rw Sumur G-1	88
Tabel V.1 Perbandingan hasil penentuan eksponen saturasi.....	105