Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....ii

KATA PENGANTAR.....iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR.....viii

DAFTAR TABEL.....xvi

DAFTAR LAMPIRAN.....xvii

INTISARI.....xviii

ABSTRACT.....xix

BAB I. PENDAHULUAN 1

I.1. Latar Belakang 1

I.2. Rumusan Masalah 4

I.3. Maksud dan Tujuan 4

I.4. Lokasi Penelitian 4

I.5. Batasan Masalah 6

I.6. Peneliti Terdahulu 7

I.7. Keaslian Penelitian 12

I.8. Manfaat Penelitian 12

BAB II. GEOLOGI REGIONAL 13

II.1. Tektonik Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan 13

II.2. Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan.....15

II.3. *Petroleum System* Cekungan Sumatra Selatan.....18

BAB III. DASAR TEORI 21

III.1. Log Sumur 21

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

III.1.1. Log *Gamma Ray*.....22
III.1.2. Log *Spontaneous Potential* (SP).....23
III.1.3. Log Caliper.....25
III.1.4. Log *Resistivity*.....26
III.1.5. Log *Density*.....27
III.1.6. Log Neutron.....29
III.1.7. Log *Sonic*.....30

III.2. Petrofisika..... 31
III.3. Kontak Fluida 37
III.4. Batuan Karbonat..... 38
III.5. Cadangan Hidrokarbon..... 40

BAB IV. HIPOTESIS DAN METODOLOGI PENELITIAN 42
IV.1. Hipotesis…….42
IV.2. Bahan atau Materi Penelitian..... 42
IV.3. Alat Penelitian 45
IV.4. Tahap dan Cara Penelitian..... 46
IV.4.1. Tahap Persiapan……...46
IV.4.2. Tahap Pengumpulan Data……46
IV.4.3. Tahap Pengolahan dan Analisis Data……...47

IV.5. Bagan Alir 53
IV.6. Jadwal Penelitian..... 54

BAB V. FASIES RESERVOAR DAN ANALISIS PETROFISIKA FORMASI BATURAJA……..56
V.1. Fasies Reservoar Baturaja……...56
V.2. Evaluasi Formasi Baturaja……..63
V.3. Perhitungan Volume *Shale*.....67
V.4. Perhitungan Porositas……..73
V.5. Perhitungan Saturasi Air……...77

BAB VI. ANALISIS KONTAK FLUIDA (OWC) DAN PERHITUNGAN CADANGAN HIDROKARBON FORMASI BATURAJA…….83
VI.1. *Oil-Water Contact* Formasi Baturaja……...83

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

VI.2. Perhitungan Cadangan Hidrokarbon……....87

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN……91

VII.1. Kesimpulan……91

VII.2. Saran……...92

DAFTAR PUSTAKA……....93

Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Hasil *pressure test* Lapangan Muriyo. Garis yang muncul pada grafik merupakan data yang didapatkan dari *pressure test*. Perpotongan dari garis tersebut mampu untuk menunjukkan adanya kontak fluida (misalkan berupa *oil-water contact*) (PT. Medco E & P Indonesia, 2016)…….. 3

Gambar 1.2. Lokasi penelitian yakni Lapangan Muriyo (di dalam kotak merah). Lokasi penelitian yang berada di Kabupaten Musirawas, Provinsi Sumatra Selatan merupakan salah satu dari lapangan migas yang ada pada Cekungan Sumatra Selatan. Lapangan Yonif yang bersebelahan dengan Lapangan Muriyo juga termasuk di dalam kotak merah (PT Medco E & P Indonesia, 2016 dengan modifikasi)…….. 5

Gambar 1.3. Lokasi ketiga sumur yang dimiliki oleh Lapangan Muriyo. Masing-masing dari sumur berjarak 0,76 km hingga 2,16 km..... 6

Gambar 2.1. Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan. Dari kolom stratigrafi tersebut tampak urutan pembentukan dari formasi-formasi yang menyusun stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan dan kondisi pembentukan formasi hubungannya dengan tektonik stratigrafi (Ginger dan Fielding, 2005)…… 13

Gambar 3.1. Contoh dari log. Log yang merupakan hasil rekapan dari kondisi geofisika di dalam lubang bor dikaitkan dengan kedalaman. Gambar merupakan hasil rekaman dari log *gamma ray* (Allaud dan Martin,1976 dalam Rider, 2002)…….. 22

Gambar 3.2. Log *gamma ray* yang merekam tingkat radioaktivitas dari formasi batuan di bawah permukaan bumi. Nilai rekaman log

Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sebanding dengan persentase keberadaan *shale* atau material lempung (Rider, 2002)…… 23

Gambar 3.3. Log SP yang menunjukkan beda potensial alamiah dari formasi batuan di bawah permukaan bumi. Beda potensial di bawah permukaan bumi dibandingkan dengan beda potensial elektroda di permukaan bumi (Rider, 2002)……... 24

Gambar 3.4. Log caliper yang digunakan untuk melihat kondisi lubang yang telah dibor. Log akan merepresentasikan bentuk lubang bor termasuk apabila terdapat *cave* yang disebabkan oleh jenis litologi yang menyusun formasi tersebut (Rider, 2002)…….. 25

Gambar 3.5. Log *resistivity* yang menunjukkan ketahanan dari formasi batuan terhadap arus listrik. Tinggi atau rendahnya nilai *resistivity* yang dihasilkan berhubungan dengan perbedaan litologi penyusun (Rider, 2002)…….. 27

Gambar 3.6. Log *density* yang menunjukkan hasil dari penembakan radioaktif pada formasi. Perbedaan nilai akan menunjukkan perbedaan litologi (Rider, 2002)……. 28

Gambar 3.7. Log neutron menunjukkan reaksi formasi batuan terhadap neutron yang ditembakkan. Nilai yang didapatkan akan menunjukkan perbedaan litologi (Rider, 2002)…….. 29

Gambar 3.8. Log *sonic* menunjukkan kondisi formasi di bawah permukaan bumi menggunakan bantuan gelombang suara. Hasil yang didapatkan merupakan nilai interval waktu perpindahan (*interval transit time*) (Rider, 2002)…… 31

Gambar 3.9. Material non-*biogenic* yang ditemukan di dalam batugamping. Material penyusun batugamping ini pada dasarnya terbentuk

Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sebagai akumulasi dari senyawa-senyawa karbonat (Nichols, 2009)…….. 39

Gambar 3.10. Klasifikasi batuan karbonat Dunham (1962) yang telah dimodifikasi. Klasifikasi ini digunakan umumnya untuk melakukan deskripsi batugamping terutama dalam hal deskripsi megaskopis (Embry & Klovan, 1971 dalam Nichols, 2009)……. 40

Gambar 4.1. *Lithologic log* salah satu sumur yang ada di Lapangan Muriyo yaitu Sumur MR-2. *Lithologic log* menunjukkan data-data yang didapatkan dan diolah di lapangan dalam tahap pengeboran. Salah satu data yang digunakan adalah data *cutting* (PT. Medco E & P Indonesia, 2012)…….. 43

Gambar 4.2. *Completion log* dari salah satu sumur yang ada di Lapangan Muriyo, yakni sumur MR-2. *Completion log* berisi kumpulan data dari log *core*, dan data-data terkait lainnya (PT. Medco E & P Indonesia……. 43

Gambar 4.3. Data LAS dari sumur 1 Lapangan Muriyo. Data LAS berisi nilai yang didapatkan dari kegiatan pengukuran dengan log yang kemudian dapat dikonversikan menjadi bentuk grafik berupa garis-garis. Untuk data LAS pada gambar menunjukkan nilai dari kedalaman (DEPT), *gamma ray* (GR), *caliper* (CALY), dan lain sebagainya (PT. Medco E & P Indonesia, 2012)……... 44

Gambar 4.4 *Depth Structure Map* (DSM) dari Formasi Baturaja (a) dan *Basement* (b). DSM menujukkan kondisi morfologi formasi di bawah permukaan bumi (PT. Medco E & P Indonesia, 2016)... 44

Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.5. Hasil perhitungan volume *shale* dari Sumur MR-2 Lapangan Muriyo. Perhitungan menggunakan metode perhitungan steiber 2 dan neutron-*density*……. 48

Gambar 4.6. Hasil perhitungan porositas dari Sumur MR-2 Lapangan Muriyo. Hasil perhitungan berupa porositas total dan efektif dikorelasikan dengan nilai porositas fluida yang didapatkan dari data *core*…….. 49

Gambar 4.7. Hasil perhitungan saturasi air menggunakan persamaan Archie di Sumur MR-2 Lapangan Muriyo. Hasil perhitungan tersebut dikorelasikan dengan data yang berasal dari *core*…….. 50

Gambar 4.8. Bagan alir penelitian……. 54

Gambar 5.1. Hasil korelasi dari data log, *cutting* (ditunjukkan dalam bentuk persentase litologi), dan *core*. Dari hasil yang didapatkan tersebut diketahui bahwa Sumur MR-2 dapat dibagi menjadi tiga fasies. Fasies tersebut adalah fasies *wackestone – coral floatstone*, fasies *wackestone*, dan fasies *wackestone – packstone*…… 57

Gambar 5.2. *Core* yang didapatkan pada kedalaman 2128 ft. Batuan menunjukkan adanya kenampakan *coral* yang menjadi salah satu penciri keberadaan litologi *coral floatstone* pada fasies *wackestone – coral floatstone*. (PT. Medco E & P Indonesia, 2014)…….. 59

Gambar 5.3. Perkembangan suhu formasi terhadap kedalaman. Suhu formasi diukur di permukaan saat pemboran dimulai dan pada kedalaman maksimum setelah proses pemboran selesai kemudaian garis linier ditarik untuk menghubungkan keduanya. Perubahan suhu pada sumur di masing-masing kedalaman ditunjukkan oleh garis linier. Kedalaman Formasi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Baturaja ditandai dengan kotak merah dan suhu pada bagian atas dan bawah formasi ditunjukkan dengan panah merah…….…… 65

Gambar 5.4. Hasil analisis petrofisika terkait volume *shale*. Warna hijau menunjukkan nilai volume *shale* pada formasi dan biru menunjukkan litologi penyusun formasi batuan yaitu batugamping. Pada Sumur MR-2, tampak bahwa nilai kandungan lempung yang didapatkan dari analisis XRD lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan petrofisika. Hal tersebut disebabkan oleh adanya kemungkinan sedimen berukuran lempung yang teridentifikasi sebagai kalsit atau mineral karbonat lainnya…… 68

Gambar 5.5. Nilai *cut-off* dari volume *shale*. Nilai tersebut didapatkan dengan metode statistik yang melihat ketidakmenerusan dari garis linier pada grafik. Nilai *cut-off* adalah 0,5 atau 50%..... 69

Gambar 5.6. *Gross rock* dari masing-masing sumur di Lapangan Muriyo. Zona *gross rock* merupakan zona yang menunjukkan kedalaman dengan volume *shale* yang kecil atau di bawah dari nilai *cut-off* yaitu 0,5. Kedalaman yang memiliki volume *shale* rendah tersebut atau *gross rock* memiliki kemungkinan untuk menjadi reservoar fluida……. 71

Gambar 5.7. Hasil perhitungan petrofisika terkait porositas. Hasil perhitungan pada Sumur MR-2 dikorelasikan dengan data porositas yang didapatkan dari analisis *core*. Pada korelasi tersebut tampak bahwa kedua data saling mendukung dengan menunjukkan nilai porositas yang dapat dikatakan mirip……... 73

Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.8. *Cut-off* dari porositas. Nilai tersebut didapatkan dengan metode statisik yang melihat ketidakmenerusan dari garis linier…… 74

Gambar 5.9. *Net reservoir* dari masing-masing sumur di Lapangan Muriyo. Zona tersebut didapatkan menggunakan nilai *cut-off* yang didapatkan menggunakan metode statistic. Kedalaman dengan nilai porositas efektif berada di atas dari nilai *cut-off* tersebut dianggap sebagai *net reservoir*. Selain itu, syarat untuk dapat dikatakan sebagai *net reservoir* harus masuk ke dalam zona *gross rock* (Gambar 5.8)……. 75

Gambar 5.10. Nilai resistivitas air (R_w) pada masing-masing sumur. Penentuan nilai resistivitas air menggunakan suhu Formasi Baturaja dari masing-masing sumur dan dikombinasikan dengan nilai konsentrasi NaCl yang dimiliki oleh lapangan lain yang berdekatan dengan Lapangan Muriyo, yaitu Lapangan Yonif. Penentuan nilai tersebut menggunakan grafik resistivitas NaCl oleh Schlumberger…… 78

Gambar 5.11. Hasil perhitungan saturasi air di Lapangan Muriyo menggunakan metode perhitungan Archie. Hasil saturasi air yang didapatkan pada Sumur MR-2 dikorelasikan dengan data hasil analisis saturasi air pada *core*. Didapatkan nilai saturasi air pada *core* lebih tinggi yang disebabkan oleh berbagai faktor dalam pengambilan *core*…… 79

Gambar 5.12. *Cut-off* dari saturasi air di Lapangan Muriyo. Nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan metode statistik yang melihat titik ketidakmenerusan dari grafik linier pada grafik. Pada grafik tampak bahwa nilai *cut-off* untuk saturasi air adalah 0,6 atau 60%..... 80

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.13. *Net pay* dari masing-masing sumur di Lapangan Muriyo. *Net pay* didapatkan dengan menggunakan nilai *cut-off* yaitu 0,6 dan kemudian kedalaman yang memiliki nilai saturasi air di bawah dari *cut-off* dianggap sebagai *net pay* atau zona yang potensial untuk keberadaan hidrokarbon. Dari gambar terlihat bahwa hidrokarbon terletak di kedalaman yang dangkal (dari *net pay* pada Sumur MR-2)…… 82

Gambar 6.1. Log *resistivity* dari Sumur MR-1. Log *resistivity* dapat menunjukkan adanya perbedaan fluida yang ditunjukkan dengan naiknya nilai resistivitas secara spontan. Naiknya nilai resistivitas secara spontan tersebut ditunjukkan garis putus-putus pada kedalaman 1720 feet……. 84

Gambar 6.2. *Oil-water contact* dari Lapangan Muriyo. Melihat zona *net pay* dan juga mempertimbangkan kondisi dari log *resistivity*, diketahui bahwa *oil-water contact* di Lapangan Muriyo terletak pada kedalaman 1720 feet dengan *free water level* pada kedalaman 1746 feet. OWC tetap berada pada kedalaman tersebut meskipun masih terdapat zona *net pay* di kedalaman yang lebih dalam. Hal ini sehubungan dengan prinsip bahwa kontak bukan merupakan sebuah garis yang tegas namun memiliki gradasi……. 86

Gambar 6.3. *Oil-water contact* pada Sumur MR-1. Hal yang menjadi pertimbangan di dalam menentukan garis ditemukannya kontak fluida adalah *net pay* dan juga kondisi dari log *resistivity*. Selain itu data yang didapatkan dari *cutting* saat pengeboran juga dijadikan pertimbangan (kotak ungu menunjukkan bahwa sudah ditemukannya perubahan fluida berupa air dan minyak pada kedalaman tersebut)…… 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6.4. *Oil-water contact* Lapangan Muriyo pada (a) Formasi Baturaja dan (b) *Basement*. Garis merah menunjukkan *oil-water contact* di masing-masing formasi yang didapatkan dengan melihat *net pay* dan *log resistivity* sumur-sumur di Lapangan Muriyo…….. 88

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan
Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan**
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Hasil analisis kandungan minyak bumi di Lapangan Muriyo sumur 1. Tampak bahwa tipe minyak bumi yang dimiliki oleh Lapangan Muriyo melalui MR-1 menunjukkan nilai API 14.27. Nilaitersebut merujuk pada sifat *heavy oil* karena berada di bawah nilai 22 API (PT. Medco E & P Indonesia, 2016 dengan modifikasi)……. 2

Tabel 1.2. Rangkuman peneliti terdahulu…….. 10

Tabel 4.1. Data *X-Ray Diffraction* dari Sumur MR-2 (PT. Medco E & P Indonesia, 2014)……. 45

Tabel 4.2. Salah satu contoh perhitungan *cut-off* pada volume *shale*. Data volume *shale* yang didapatkan diubah menjadi bentuk persentase sehingga nantinya akan membentuk grafik.……... 51

Tabel 4.3. Rincian waktu penelitian……..... 55

Tabel 5.1. Formasi Baturaja di Lapangan Muriyo. Kedalaman dalam TVDSS……... 62

Tabel 5.2. Suhu Formasi Baturaja di masing-masing sumur Lapangan Muriyo. Suhu formasi didapatkan dari rata-rata suhu yang didapatkan dari suhu bagian atas dan bawah Formasi Baturaja di masing-masing sumur…..…… 64

Tabel 5.3. Data *X-Ray Diffraction* dari Sumur MR-2 (PT. Medco E & P Indonesia, 2014). Data tersebut menunjukkan kandungan lempung senilai 2%……. 67

Tabel 6.1. Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan cadangan hidrokarbon pada Lapangan Muriyo…….. 90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Petrofisika, Penentuan Oil-Water Contact, dan Perhitungan Cadangan di Reservoar Baturaja, Lapangan Muriyo, Cekungan Sumatra Selatan
MUHAMMAD RIYO HANAFI, Dr. Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN PETROFISIKA 95
A.1. Perhitungan Volume *Shale* Sumur MR-1 96
A.2. Perhitungan Volume *Shale* Sumur MR-2 98
A.3. Perhitungan Volume *Shale* Sumur MR-3 101
A.4. Perhitungan Porositas Sumur MR-1 102
A.5. Perhitungan Porositas Sumur MR-2 104
A.6. Perhitungan Porositas Sumur MR-3 106
A.7. Perhitungan Saturasi Air MR-1 107
A.8. Perhitungan Saturasi Air MR-2 109
A.9. Perhitungan Saturasi Air MR-3 112