

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
SERTIFIKAT PENYELESAIAN TUGAS AKHIR DARI PERUSAHAAN	vi
HASIL PENILAIAN DARI PERUSAHAAN	vii
INTISARI.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR PERSAMAAN MATEMATIS	xix
DAFTAR KETERANGAN SIMBOL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Penelitian	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
I.4. Lokasi dan Waktu Penelitian	3
I.5. Batasan Penelitian	5
I.6. Manfaat Penelitian	5
I.7. Peneliti Terdahulu	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1. Geologi Regional	7
II.1.1. Cekungan Sumatera Tengah	7
II.1.1.1. Fisiografi dan Konfigurasi.....	7
II.1.1.2. Tektonik.....	8
II.1.1.3. Stratigrafi.....	10
II.1.2. Daerah Penelitian	13

II.1.2.1. Struktur Geologi	14
II.1.2.2. Stratigrafi	14
II.1.2.3. <i>Petroleum System</i>	16
II.2. Landasan Teori	18
II.2.1. Reservoir	18
II.2.1.1 Batupasir sebagai Reservoir.....	19
II.2.1.2 Korelasi Reservoir	25
II.2.2. Teknik Analisis Petrofisik.....	28
II.2.2.1. Log Sumur	28
II.2.2.2. Analisis Log Kualitatif	31
II.2.2.3. Analisis Log Kuantitatif	34
II.2.3. <i>Original Gas In Place (OGIP)</i>	42
II.2.3.1. Volume Reservoir	43
II.2.3.2. Teknik Perhitungan OGIP	45
II.3. Hipotesis.....	48
BAB III METODE PENELITIAN.....	49
III.1. Ketersediaan Data dan Alat	49
III.1.1. Data.....	49
III.1.2. Alat	51
III.2. Tahapan Penelitian.....	51
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	59
IV.1. Karakteristik Reservoir	59
IV.1.1. Reservoir R-2.....	59
IV.1.2. Reservoir R-5.....	68
IV.2. Analisis Petrofisik Reservoir	71
IV.2.1. Reservoir R-2.....	72
IV.2.1.1. Volume Serpih.....	72
IV.2.1.2. Porositas Efektif : Aplikasi Metode <i>LOGFUSION</i>	77
IV.2.1.3. Saturasi Air	82
IV.2.2. Reservoir R-5.....	89
IV.2.2.1. Volume Serpih.....	89

IV.2.2.2. Porositas Efektif : Aplikasi Metode <i>LOGFUSION</i>	91
IV.2.2.3. Saturasi Air	92
IV.2.3. Zona <i>Net Pay</i>	94
IV.2.3.1. <i>Cut-Off</i> Zona <i>Net Pay</i>	94
IV.2.3.2. Hasil Zona <i>Net Pay</i>	97
IV.3. <i>Original Gas In Place</i> (OGIP)	101
IV.3.1. Volume Reservoir	101
IV.3.2. Simulasi <i>Monte-Carlo</i>	103
IV.3.3. Perbandingan Hasil Perhitungan OGIP	106
BAB V KESIMPULAN	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta lokasi daerah penelitian, Lapangan Lancang Kuning, Provinsi Riau	4
Gambar 2.1.	Fisiografi dan konfigurasi Cekungan Sumatera Tengah sebagai salah satu dari tiga cekungan belakang busur di Pulau Sumatera (Heidrick dan Aulia, 1993)	8
Gambar 2.2.	Kolom tektonostratigrafi Cekungan Sumatera Tengah (dalam Whibbly, 1992).....	11
Gambar 2.3.	Peta elemen struktur geologi Lapangan Lancang Kuning dan sekitarnya (Whibbly, 1992)	15
Gambar 2.4.	Ilustrasi <i>Play Concept</i> Cekungan Sumatera Tengah dan Lapangan Lancang Kuning (kotak merah) (Whibbly, 1992)	17
Gambar 2.5.	Tipe keterdapatan serpih di dalam batupasir (Crain, 2000)	19
Gambar 2.6.	Skala visual dari variasi tekstur batupasir (dalam Slatt, 2006).....	20
Gambar 2.7.	Klasifikasi batupasir <i>Pettijohn</i> (1975) (dalam Nichols, 2009)	21
Gambar 2.8.	Hubungan ukuran butir dan sortasi terhadap porositas dan permeabilitas batupasir (After Sneider, 1987 dalam Slatt, 2006).....	23
Gambar 2.9.	Berbagai kemungkinan lingkungan pengendapan batupasir dan geometrinya (Fisher dan Brown, 1984 dalam Slatt, 2006)	24
Gambar 2.10.	Respon log GR pada bidang stratigrafi utama unit sikuen stratigrafi (Allen dan Posamentier, 1999).....	25
Gambar 2.11.	Tipe bentuk pola log GR pada reservoir (Walker dan James, 1992)	27
Gambar 2.12.	Ilustrasi zona <i>flushed</i> , transisi, dan zona tak terinvasi di sekitar lubang bor (Asquith dan Gibson, 1982).....	29

Gambar 2.13.	Karakteristik pola defleksi log untuk litologi batupasir, serpih beserta fluida air, minyak, dan gas (modifikasi dari Rider, 1996)	33
Gambar 2.14.	Ilustrasi pembagian fasies reservoir berdasarkan data log (modifikasi dari Xu, et.al., 2013)	34
Gambar 2.15.	Hubungan antara volume serpih dengan indeks GR dari metode perhitungan linear (1), <i>tertiary rocks</i> (3), dan <i>older rocks</i> (2) (Asquith dan Gibson, 1982)	36
Gambar 2.16.	Ilustrasi grafik hubungan S_w vs P_c untuk penentuan $S_{w_{irr}}$ (Selley, 1998).....	41
Gambar 2.17.	Ilustrasi penentuan R_w menggunakan teknik <i>Pickett-Plot</i> (Asquith dan Gibson, 1982).....	41
Gambar 2.18.	Ilustrasi perhitungan volume reservoir (a) metode irisan vertikal dan (b) metode irisan horizontal (Tearpock dan Bischke, 1991)	44
Gambar 3.1.	Peta dasar daerah penelitian yang menunjukkan posisi sumur menggunakan sistem koordinat UTM (<i>Universal Transverse Mercator</i>) WGS 1984, Zona 47N	50
Gambar 3.2.	Bagan alir penelitian.....	52
Gambar 3.3.	Bagan alir analisis petrofisik penelitian	57
Gambar 4.1.	Log litologi hasil deskripsi megaskopis batu inti pada kedalaman 1115.5 – 1061 <i>ft.</i>	59
Gambar 4.2.	Struktur sedimen yang berkembang pada batupasir (batu inti reservoir R-2),	61
Gambar 4.3.	Foto tiga sayatan tipis (<i>thin section</i>) batu inti pada kondisi <i>cross-nickol</i>	63
Gambar 4.4.	<i>Crossplot</i> log GR dengan RHOB untuk membagi fasies batupasir <i>shaly</i> (warna hijau) dan serpih (warna biru) pada reservoir R-2 sumur LK_4	64
Gambar 4.5.	Penampang stratigrafi korelasi NW-SE reservoir batupasir Formasi Binio datum MFS (<i>Maximum Flooding Surface</i>).....	66

Gambar 4.6.	Penampang struktural korelasi NW-SE reservoir batupasir Formasi Binio datum TVDss (<i>True Vertical Depth sub-sea</i>) pada kedalaman 1000 ft.....	67
Gambar 4.7.	Hubungan antara log litologi hasil deskripsi megaskopis batu inti dengan pola log sinar gamma (GR).....	69
Gambar 4.8.	<i>Crossplot</i> log GR dengan RHOB untuk membagi fasies batupasir <i>shaly</i> (warna hijau) dan serpih (warna biru) pada reservoir R-5 sumur LK_4	70
Gambar 4.9.	Tipikal pola log sumur (GR, RHOB, NPHI, DRES, MRES, dan SRES) reservoir Formasi Binio Lapangan Lancang Kuning	73
Gambar 4.10.	<i>Crossplot</i> NPHI dengan RHOB dengan <i>filter</i> GR > 60 GAPI untuk penentuan densitas lempung sumur LK_4	74
Gambar 4.11.	Histogram nilai log GR untuk penentuan nilai <i>sand</i> dan <i>shale baseline</i> reservoir R-2 sumur LK_4	75
Gambar 4.12.	Komparasi hasil perhitungan Vsh dengan nilai volume mineral lempung XRD batu inti sumur LK_4	76
Gambar 4.13.	Histogram data hasil pengukuran densitas matriks batu inti untuk penentuan densitas matriks batuan	77
Gambar 4.14.	<i>Layout</i> perbandingan perhitungan porositas total dari log densitas dengan porositas total hasil pengukuran data batu inti sumur LK_4.....	78
Gambar 4.15.	Histogram data hasil pengukuran porositas total batu inti untuk penentuan nilai porositas maksimal.....	79
Gambar 4.16.	<i>Layout</i> hasil perhitungan porositas total metode LOGFUSION dengan nilai 3 variasi nilai d, yakni : d = 1 (PHIT_LF1), d = 2 (PHIT_LF2), dan d = 3 (PHIT_LF) sumur LK_4	80
Gambar 4.17.	<i>Crossplot</i> PHIT_LF dengan PHIT_CORE untuk nilai d = 1 (kiri atas), d = 2 (kanan atas), dan d = 3 (bawah) sumur LK_4	81
Gambar 4.18.	<i>Layout</i> hasil perhitungan porositas total (PHIT_LF) dan efektif (PHIE_LF) metode LOGFUSION sumur LK_4 dan grafik hubungan porositas total dan efektif metode	

	<i>LOGFUSION</i>	82
Gambar 4.19.	(a) <i>Crossplot</i> porositas total batu inti (PHIT_CORE) dengan permeabilitas batu inti (PERM_CORE) sumur LK_4, (b) <i>Crossplot</i> porositas efektif metode <i>LOGFUSION</i> (PHIE_LF) dengan permeabilitas absolut batu inti (PERM_CORE) sumur LK_4, (c) Hubungan hasil estimasi permeabilitas dari hubungan porositas total-permeabilitas terhadap permeabilitas batu inti, (d) Hubungan hasil estimasi permeabilitas dari hubungan porositas total-permeabilitas terhadap permeabilitas batu inti.....	83
Gambar 4.20.	<i>Layout</i> hasil perhitungan permeabilitas menggunakan persamaan (29) (PERM_LIM) dan persamaan (30) (PERM5) sumur LK_4	84
Gambar 4.21.	Grafik hasil uji tekanan kapiler Sw vs P_c 5 sampel <i>core plug</i> dengan nilai permeabilitas yang bervariasi	85
Gambar 4.22.	<i>Crossplot</i> antara permeabilitas dengan Sw_{irr} hasil pengukuran batu inti sumur LK_4	86
Gambar 4.23.	<i>Layout</i> hasil perhitungan Sw_{irr} (SWIRR) sumur LK_4	86
Gambar 4.24.	<i>Crossplot</i> V_{sh} dengan DRES untuk penentuan R_{sh} reservoir R-2 sumur LK_4.....	88
Gambar 4.25.	<i>Layout</i> hasil perhitungan Sw (SWE) reservoir R-2 sumur LK_4.....	89
Gambar 4.26.	Histogram nilai log GR untuk penentuan nilai <i>sand</i> dan <i>shale baseline</i> reservoir R-5 sumur LK_4.....	90
Gambar 4.27.	<i>Crossplot</i> porositas total dari log densitas (PHIT_D) terhadap kedalaman (DEPTH) pada sumur LK_4	91
Gambar 4.28.	<i>Crossplot</i> V_{sh} dengan DRES untuk penentuan R_{sh} reservoir R-5 sumur LK_4.....	93
Gambar 4.29.	<i>Layout</i> hasil perhitungan V_{sh} (VSH), $\emptyset$ (PHIT_LF dan PHIE_LF), dan Sw (SWE) reservoir R-5 sumur LK_4	94
Gambar 4.30.	<i>Crossplot</i> volume serpih (VSH), porositas efektif (PHIE_LF) dan saturasi air (SWE) untuk penentuan nilai <i>cut-off</i> zona <i>net pay</i> reservoir R-2	95

Gambar 4.31.	<i>Crossplot</i> volume serpih (VSH), porositas efektif (PHIE_LF) dan saturasi air (SWE) untuk penentuan nilai <i>cut-off</i> zona <i>net pay</i> reservoir R-5	96
Gambar 4.32.	<i>Layout</i> hasil zona <i>net pay</i> (PAY) reservoir R-2 sumur LK_4	97
Gambar 4.33.	Posisi kontur LKG pada peta struktur kedalaman reservoir R-2 (a) dan reservoir R-5 (b), Lapangan Lancang Kuning	102
Gambar 4.34.	Grafik persen frekuensi kumulatif OGIP hasil simulasi <i>Monte-Carlo</i> reservoir R-2 (a) dan reservoir R-5 (b).....	105
Gambar 4.35.	Data sekunder hasil perhitungan OGIP metode <i>flowing material balance</i> reservoir R-5 (Laporan Internal PT.EMP Bentu Ltd., 2014)	106
Gambar 4.36.	Perbandingan OGIP simulasi <i>Monte-Carlo</i> dengan hasil perhitungan metode <i>flowing material balance</i>)	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Karakteristik pola defleksi log untuk litologi batupasir, serpih beserta fluida air, minyak, dan gas	32
Tabel 3.1.	Ketersediaan data log sumur Lapangan Lancang Kuning	49
Tabel 4.1.	Hasil penentuan <i>top</i> dan <i>bottom</i> reservoir R-2 tiap sumur.....	68
Tabel 4.2.	Hasil penentuan <i>top</i> dan <i>bottom</i> reservoir R-5 tiap sumur.....	71
Tabel 4.3.	Data konversi persen berat ke persen volume dari mineral lempung hasil analisis XRD.....	74
Tabel 4.4.	Tabulasi hasil penentuan nilai <i>sand</i> dan <i>shale baseline</i> zona reservoir R-2 tiap sumur	75
Tabel 4.5.	Data uji tekanan kapiler 5 sampel <i>core plug</i>	85
Tabel 4.6.	Tabulasi hasil penentuan nilai Rsh zona reservoir R-2 tiap sumur.....	88
Tabel 4.7.	Tabulasi hasil penentuan nilai <i>sand</i> dan <i>shale baseline</i> zona reservoir R-5 tiap sumur	90
Tabel 4.8.	Tabulasi hasil penentuan nilai Rsh zona reservoir R-5 tiap sumur.....	93
Tabel 4.9.	Tabulasi hasil penentuan nilai <i>cut-off</i> parameter petrofisik reservoir untuk penentuan zona <i>net pay</i> tiap reservoir	97
Tabel 4.10.	Tabulasi hasil perhitungan ketebalan, porositas efektif , saturasi air, dan sturasi gas rerata zona <i>net pay</i> reservoir R-2 tiap sumur.....	98
Tabel 4.11.	Tabulasi hasil perhitungan ketebalan, porositas efektif , saturasi air, dan sturasi gas rerata zona <i>net pay</i> reservoir R-5 tiap sumur.....	99
Tabel 4.12.	Hasil penentuan kedalaman LKG (<i>Lowest Known Gas</i>) zona reservoir R-2 dan R-5	101
Tabel 4.13.	Tabulasi distribusi statistik parameter hasil analisis petrofisik dan hasil simulasi <i>Monte-Carlo</i>	104

DAFTAR PERSAMAAN MATEMATIS

Persamaan (1)	Definisi matematis porositas.....	18
Persamaan (2)	Hubungan logaritmik porositas-permeabilitas	18
Persamaan (3)	Perhitungan indeks sinar gamma (GR)	35
Persamaan (4)	Perhitungan volume serpih (Vsh) metode linear.....	35
Persamaan (5)	Perhitungan volume serpih (Vsh) metode <i>tertiary rocks</i>	35
Persamaan (6)	Perhitungan volume serpih (Vsh) metode <i>older rocks</i>	35
Persamaan (7)	Perhitungan porositas total dari log densitas (RHOB).....	37
Persamaan (8)	Perhitungan porositas efektif dari log densitas (RHOB)	37
Persamaan (9)	Perhitungan porositas total metode <i>LOGFUSION</i>	38
Persamaan (10)	Perhitungan porositas efektif metode <i>LOGFUSION</i>	38
Persamaan (11)	Perhitungan saturasi air metode <i>Archie</i> (1942).....	38
Persamaan (12)	Perhitungan saturasi air metode <i>BP-Modified Simandoux</i> (1969)	39
Persamaan (13)	Persamaan faktor formasi	39
Persamaan (14)	Persamaan indeks resistivitas formasi	40
Persamaan (15)	Persamaan dasar perhitungan R_w metode <i>Pickett-Plot</i>	40
Persamaan (16)	Perhitungan resistivitas air formasi pada temperatur formasi.....	42
Persamaan (17)	Perhitungan temperatur formasi.....	42
Persamaan (18)	Perhitungan volume reservoir metode trapezoidal.....	44
Persamaan (19)	Perhitungan volume reservoir metode piramidal	44
Persamaan (20)	Perhitungan volume reservoir metode irisan vertikal	45
Persamaan (21)	Perhitungan <i>Original Gas In Place</i> (OGIP).....	46

Persamaan (22)	Perhitungan probabilitas ($P(N)$) dari frekuensi kumulatif	47
Persamaan (23)	Persamaan OGIP metode <i>flowing material balance</i>	47
Persamaan (24)	Persamaan untuk membangun garis regresi linear.....	55
Persamaan (25)	Persamaan perhitungan koefisien korelasi	55
Persamaan (26)	Algoritma pembatasan saturasi air terhadap Sw_{irr}	56
Persamaan (27)	Persamaan konversi persen berat ke persen volume mineral.....	72
Persamaan (28)	Perhitungan porositas total <i>LOGFUSION</i> reservoir R-2.....	79
Persamaan (29)	Persamaan hubungan porositas total -permeabilitas batu inti reservoir R-2	82
Persamaan (30)	Persamaan hubungan porositas efektif metode <i>LOGFUSION</i> -permeabilitas batu inti reservoir R-2.....	83
Persamaan (31)	Persamaan hubungan permeabilitas terhadap Sw_{irr} reservoir R-2	85
Persamaan (32)	Persamaan penurunan porositas akibat penambahan kedalaman	92
Persamaan (33)	Perhitungan porositas total <i>LOGFUSION</i> reservoir R-5.....	92
Persamaan (34)	Perhitungan volume reservoir Lapangan Lancang Kuning..	101

DAFTAR KETERANGAN SIMBOL

k	Permeabilitas absolut (md)
$\emptyset_T$	Porositas total (V/V)
$\emptyset_{T-D}$	Porositas total dari log densitas (V/V)
$\emptyset_e$	Porositas efektif (V/V)
$\emptyset_{\text{batu inti}}$	Porositas hasil pengukuran batu inti (V/V)
$\emptyset_{\text{max}}$	Porositas maksimum batu inti (V/V)
I_{GR}	Indeks sinar gamma (V/V)
$GR_{\log}$	Pembacaan nilai GR dari log (GAPI)
GR_{max}	Pembacaan nilai GR pada <i>shale baseline</i> (GAPI)
GR_{min}	Pembacaan nilai GR pada <i>sand baseline</i> (GAPI)
V_{sh}	Volume serpih (V/V)
$V_{\text{clay volume}}$	Volume mineral lempung (V/V)
$V_{\text{clay weight}}$	Berat mineral lempung (V/V)
d	Eksponen V_{sh} (tanpa satuan)
ρ_{ma}	Densitas matriks batuan (gr/cc)
$\rho_{\log}$	Pembacaan nilai densitas dari log (gr/cc)
ρ_f	Densitas fluida pemboran (gr/cc)
$P_{g \text{ core}}$	Densitas batu inti (gr/cc)
$P_{g \text{ clay}}$	Densitas mineral lempung (gr/cc)
S_w	Saturasi air (V/V)
$S_{w_{irr}}$	Saturasi air <i>irreducible</i> (V/V)
S_g	Saturasi gas (V/V)

a	Koefisien <i>tortuosity</i> (tanpa satuan)
m	Eksponen sementasi (tanpa satuan)
n	Eksponen saturasi (tanpa satuan)
F	Faktor formasi (V/V)
R_w	Resistivitas air formasi (ohmm)
R_{wf}	Resistivitas air formasi pada kedalaman formasi (ohmm)
R_{ws}	Resistivitas air formasi pada keadaan standar (75 ⁰ F) (ohmm)
R_t	Resistivitas formasi pada zona tak terinvasi (ohmm)
R_o	Resistivitas formasi dalam kondisi jenuh air (ohmm)
R_{sh}	Resistivitas serpih (ohmm)
I_r	Indeks resistivitas formasi (tanpa satuan)
P_c	Tekanan kapiler (psi)
V_{res}	Volume reservoir (<i>acre.ft</i>)
A	Luas daerah yang dikelilingi kontur (<i>acre</i>)
OGIP	Volume gas mula-mula di dalam reservoir (<i>scf</i> atau <i>Bscf</i>)
B_{gi}	Faktor volume formasi mula-mula gas (<i>cuft/scf</i>)
B_{scf}	<i>Billion standard cubic feet</i> (<i>scf</i> x 10 ⁹)
P(N)	Probabilitas N persen suatu variabel lebih besar atau sama dengan suatu nilai
P	Tekanan reservoir (psi)
P_i	Tekanan awal reservoir (psi)
P_{sc}	Tekanan reservoir pada keadaan standar (psi)
Z	Faktor kompresibilitas gas (tanpa satuan)
Z_i	Faktor kompresibilitas gas mula-mula (tanpa satuan)

n	Mol (tanpa satuan)
G	Total gas mula-mula di dalam reservoir (<i>scf</i>)
G_p	Kumulatif produksi gas reservoir (<i>scf</i>)
T_f	Temperatur formasi (⁰ F)
T_s	Temperatur permukaan (⁰ F)
T_{sc}	Temperatur pada keadaan standar (⁰ F)
D_f	Kedalaman formasi (<i>ft</i>)
TD	Total kedalaman <i>logging</i> (<i>ft</i>)
BHT	Temperatur pada kedalaman TD (⁰ F)
R²	Koefisien korelasi (tanpa satuan)
N	Jumlah data (tanpa satuan)
X	Variabel terikat
Y	Variabel bebas
Y_{est}	Variabel bebas estimasi

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Terikat

Lampiran A	Data hasil pengukuran porositas dan permeabilitas sampel <i>core plug</i> batu inti sumur LK_4.....	34 113
Lampiran B	<i>Crossplot</i> log GR dengan RHOB dan <i>layout</i> pembagian fasies log sumur zona reservoir R-2 dan R-5 tiap sumur untuk pembagian fasies log sumur	114
Lampiran C	Histogram nilai log GR di sekitar zona reservoir R-2 dan R-5 tiap sumur untuk penentuan nilai <i>sand</i> dan <i>shale baseline</i>	120
Lampiran D	<i>Crossplot</i> hasil perhitungan Vsh dengan log DRES zona reservoir R-2 dan R-5 tiap sumur untuk penentuan nilai resistivitas serpih.....	125
Lampiran E	<i>Layout</i> grafis hasil <i>net pay</i> reservoir R-2 dan R-5 tiap sumur	131
Lampiran F	Distribusi statistik parameter hasil analisis petrofisik untuk perhitungan OGIP beserta tabulasi hasil simulasi <i>Monte-Carlo</i> reservoir R-2 dan R-5.....	137

2. Lampiran Lepas

Lampiran Lepas A	Kolom litologi hasil deskripsi megaskopis batu inti	
Lampiran Lepas B	Hasil korelasi stratigrafi dan struktur reservoir R-2 dan R-5, Formasi Binio, Lapangan Lancang Kuning	