

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN	xv
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Keaslian Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.2 <i>Petroleum System</i>	8
2.3 Pemodelan <i>Overpressure</i> Menggunakan Metode Eaton	9
2.4 <i>Overpressure Transference</i> pada Daerah Penelitian	11
2.5 Mekanisme Penyebab <i>Overpressure</i> pada Daerah Penelitian	12
BAB III DASAR TEORI	14
3.1 Definisi dan Konsep Tekanan	14
3.1.1 Tekanan Hidrostatik	15
3.1.2 Tekanan <i>Overburden</i>	16
3.1.3 Tekanan Pori	16
3.1.4 Tekanan Efektif	17
3.1.5 Tekanan Abnormal	18
3.1.6 Tekanan <i>Fracture</i>	18

3.2 Mekanisme Terjadinya Overpressure	19
3.2.1 Mekanisme Pembebanan (<i>Loading Mechanism</i>)	19
3.2.2 Mekanisme <i>Unloading</i>	20
3.3 Metode Prediksi Tekanan Pori	22
3.3.1 Metode Eaton	22
3.3.2 Metode Bowers	23
3.4 <i>Wavelet</i>	24
3.5 Seismogram Sintetik	24
3.6 <i>Well-seismic tie</i>	25
3.7 Inversi Seismik Impedansi Akustik	26
3.8 Pemodelan Geologi (<i>geomodeling</i>)	31
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Data Penelitian	33
4.1.1 Data Seismik 3D	33
4.1.2 Data Sumur	33
4.1.3 Data <i>Checkshot</i>	34
4.1.4 Marker Geologi	34
4.1.5 <i>Cube Interval</i>	34
4.2 Peralatan yang Digunakan	35
4.2.1 Perangkat Keras	35
4.2.2 Perangkat Lunak	35
4.3 Pengolahan Data	35
4.4 Tekanan Pori Menggunakan Data Sumur	36
4.4.1 Penentuan Volume <i>Shale</i>	37
4.4.2 Penentuan Nilai <i>Overburden</i>	38
4.4.3 Penentuan Tekanan Pori	39
4.5 Tekanan Pori Menggunakan Data Seismik	40
4.5.1 Estimasi <i>Wavelet</i> dan <i>Well-seismic tie</i>	40
4.5.2 Pembuatan Model Awal Inversi	41
4.5.3 Analisis Inversi Impedansi Akustik	41
4.6 Pemodelan 3D	43
4.6.1 Gridding, Pembuatan Horizon, dan <i>Layering</i>	43
4.6.2 Pembuatan <i>Cube</i> Densitas	44
4.6.3 Pembuatan <i>Cube</i> Kecepatan Inversi	44
4.6.4 <i>Upscaling Well Logs</i>	45
4.6.5 Pembuatan Tren Densitas dan Kecepatan	45

4.6.6 Pembuatan Model properti Densitas dan Kecepatan	45
4.7 Analisis Tekanan Pori 3D	45
4.7.1 Pembuatan Model Tekanan Bawah Permukaan.....	45
4.7.2 Pembuatan Model 3D Tekanan Pori	46
BAB V Hasil dan Pembahasan	47
5.1 Hasil Analisis 1D Tekanan pori	47
5.1.1 Sumur F02-1.....	47
5.1.2 Sumur F03-2.....	50
5.1.3 Sumur F03-4.....	53
5.1.4 Sumur F06-1.....	56
5.2 Zona <i>Overpressure</i> Berdasarkan Analisis ID	59
5.3 Interpretasi Seismic 3D	59
5.3.1 <i>Well-seismic tie</i>	59
5.3.2 Analisis Inversi Impedansi Akustik	60
5.3.3 Inversi impedansi akustik.....	61
5.3.4 Pemodelan Struktur.....	65
5.3.5 <i>Cube</i> Densitas.....	65
5.3.6 <i>Cube</i> Kecepatan Inversi Impedansi Akustik	67
5.3.7 <i>Property Model</i>	69
5.3.8 <i>Cube</i> 3D Model Tekanan Bawah Permukaan	70
5.3.9 Model 3D Tekanan Pori	71
BAB VI Kesimpulan dan Saran.....	74
6.1 Kesimpulan	74
6.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN A	78
LAMPIRAN B	79
LAMPIRAN C	80
LAMPIRAN D	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokasi lapangan F3 North Sea, Belanda (diunduh dari google map).....	5
Gambar 2.2	Area studi Lapangan F3 (Rondeel dkk., 1996).....	5
Gambar 2.3	Ringkasan tektonik (Dimodifikasi dari Rondeel dkk., 1996).....	6
Gambar 2.4	Struktur geologi lapangan F3 berupa <i>Central Graben</i> dan <i>Step Graben</i> (Jager, 2007).....	7
Gambar 2.5	<i>Petroleum system</i> lapangan F3 (Jager, 2007)....	8
Gambar 2.6	(a) Model 3D tekanan pori variabel kecepatan inversi (b) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan inversi (Arief, 2019).....	10
Gambar 2.7	(a) Model 3D tekanan pori variabel kecepatan interval (b) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan interval (Arief, 2019).....	10
Gambar 2.8	<i>Lateral reservoir drainage</i> (Dennis Dkk., 2000).....	11
Gambar 2.9	(a) Ilustrasi <i>steady burial</i> dan <i>rapid burial</i> (b) Hubungan burial dengan tekanan terhadap mekanisme <i>disequilibrium compaction</i> (Japsen, 1998).....	13
Gambar 3.1	Modifikasi profil tekanan pori terhadap kedalaman pada sedimen klastik (Dutta, 2002).....	14
Gambar 3.2	Hubungan tekanan dan gradien hidrostatik (modifikasi dari Stan Lee dalam Yanto, 2011).....	15
Gambar 3.3	Ilustrasi hubungan <i>overburden</i> , tekanan efektif, dan tekanan pori (modifikasi dari Stan Lee, 2010 dalam Yanto, 2011).....	18
Gambar 3.4	Ilustrasi <i>disequilibrium compaction</i> (Juhatta dkk., 2017)...	19
Gambar 3.5	Pola ideal plot tekanan terhadap kedalaman, log porositas, log sonik, dan log densitas yang menunjukkan	20

	karakteristik <i>overpressure</i> dengan mekanisme <i>disequilibrium compaction</i> (Juhata dkk., 2017).....	
Gambar 3.6	Mekanisme <i>unloading</i> (Juhata dkk., 2017).....	20
Gambar 3.7	Pola ideal plot tekanan terhadap kedalaman, log porositas, log sonik, dan log densitas yang menunjukkan karakteristik <i>overpressure</i> dengan mekanisme <i>unloading</i> (Juhata dkk., 2017).....	21
Gambar 3.8	Metode eaton untuk estimasi <i>overpressure</i> dari data sonik (Syaputra dkk, 2017).....	23
Gambar 3.9	Prinsip pembuatan seismogram sintetik (CGG Geo software, 2020).....	25
Gambar 3.10	Data masukan secara umum untuk inversi seismik (Russel, 1998).....	27
Gambar 3.11	Diagram alir pengerjaan inversi (Arumi, 2014).....	29
Gambar 3.12	Kegunaan model geologi 3D (Zakrevsky, 2011).....	31
Gambar 3.13	Tahap utama pembuatan model geologi digital 3D (Zakrevsky, 2011).....	32
Gambar 4.1	Data log lapangan F3 sumur F034.....	34
Gambar 4.2	Data <i>cube</i> kecepatan interval.....	35
Gambar 4.3	Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 4.4	Penentuan <i>volume shale</i>	37
Gambar 4.5	Penentuan nilai <i>overburden</i>	38
Gambar 4.6	Plot data <i>overburden</i>	39
Gambar 4.7	Penentuan tekanan pori.....	39
Gambar 4.8	Ekstraksi <i>wavelet</i>	40
Gambar 4.9	<i>Gridding</i> dan <i>layering</i>	43
Gambar 4.10	<i>Cross plot</i> impedansi akustik dengan log densitas.....	44
Gambar 4.11	<i>Cross plot</i> impedansi akustik dengan log <i>P-impedance</i> sumur.....	44
Gambar 5.1	(a) Tekanan pori 1D sumur F02-1 (b) Kurva zona <i>ovepressure</i> terhadap kurva tekanan hidrostatik sumur F02-1.....	47

Gambar 5.2	<i>Effective Stress</i> sumur F02-1.....	49
Gambar 5.3	(a) Tekanan pori 1D sumur F03-2 (b) Kurva zona <i>ovepressure</i> terhadap kurva tekanan hidrostatik sumur F03-2.....	50
Gambar 5.4	<i>Effective Stress</i> sumur F03-2.....	52
Gambar 5.5	(a) Tekanan pori 1D sumur F03-4 (b) Kurva zona <i>ovepressure</i> terhadap kurva tekanan hidrostatik sumur F03-4.....	53
Gambar 5.6	<i>Effective stress</i> sumur F03-4.....	55
Gambar 5.7	Tekanan pori 1D sumur F06-1 (b) Kurva zona <i>ovepressure</i> terhadap kurva tekanan hidrostatik sumur F06-1.....	56
Gambar 5.8	<i>Effective stress</i> sumur F06-1.....	58
Gambar 5.9	Korelasi tekanan pori 1D semua sumur.....	59
Gambar 5.10	(a) Korelasi <i>well-seismic tie</i> sumur F02-1 (b) Korelasi <i>well-seismic tie</i> sumur F03-2 (c) Korelasi <i>well-seismic tie</i> sumur F03-4 (d) Korelasi <i>well-seismic tie</i> sumur F06-1.....	60
Gambar 5.11	Analisis inversi impedansi akustik.....	61
Gambar 5.12	Validasi litologi <i>shale</i> menggunakan data log pada sumur F02-1 (b) Validasi litologi <i>shale</i> menggunakan data log pada sumur F03-2 (c) Validasi litologi <i>shale</i> menggunakan data log pada sumur F03-4 (d) Validasi litologi <i>shale</i> menggunakan data log F06-1.....	62
Gambar 5.13	Hasil inversi impedansi akustik <i>model based</i>	63
Gambar 5.14	Hasil Inversi Impedansi Akustik <i>model based high scale</i>	64
Gambar 5.15	<i>Cross plot</i> nilai impedansi akustik dengan log densitas.....	66
Gambar 5.16	<i>Cube</i> model densitas sumur.....	66
Gambar 5.17	<i>Cube</i> densitas inversi impedansi akustik.....	67
Gambar 5.18	<i>Cross plot</i> impedansi akustik vs <i>P-impedance</i> sumur.....	68
Gambar 5.19	<i>Cube</i> kecepatan inversi impedansi akustik.....	68
Gambar 5.20	(a) Model properti densitas (b) Model properti kecepatan interval (c) Model properti kecepatan inversi (d) Model properti NCT.....	69

Gambar 5.21	(a) <i>Cube</i> tekanan <i>overburden</i> densitas asli (b) Tekanan <i>overburden</i> densitas inversi (c) Tekanan hidrostatik.....	70
Gambar 5.22	(a) Model 3D tekanan pori variabel v inversi densitas regresi (b) Model 3D tekanan pori variabel v inversi densitas inversi.....	72
Gambar 5.23	(a) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan inversi menggunakan densitas sumur (b) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan inversi menggunakan densitas hasil inversi (c) Korelasi 1D keempat sumur.....	72
Gambar 5.24	(a) Model 3D tekanan pori variabel V interval densitas regresi (b) Model 3D tekanan pori variabel V interval densitas inversi.....	73
Gambar 5.25	(a) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan interval menggunakan densitas sumur (b) Sayatan tekanan pori variabel kecepatan interval menggunakan densitas hasil inversi (c) Korelasi 1D keempat sumur.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kelengkapan data sumur	33
Tabel 4.2 Parameter inversi impedansi akustik model-based yang digunakan.....	42
Tabel 5.1 Tabel tekanan pori dengan hidrostatis sumur F02-1	48
Tabel 5.2 Tabel tekanan pori dengan hidrostatis sumur F03-2.....	51
Tabel 5.3 Tabel tekanan pori dengan hidrostatis sumur F03-4.....	54
Tabel 5.4 Tabel tekanan pori dengan hidrostatis sumur F06-1	57

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L. 1 Depth Structure Map FS8	78
Gambar L. 2 Depth structure map MFS4.....	78
Gambar L. 3 Hasil well to seismic tie pada sumur F02-1	79
Gambar L. 4 Hasil well to seismic tie pada sumur F03-2.....	79
Gambar L. 5 Hasil well to seismic tie pada sumur F03-4.....	79
Gambar L. 6 Hasil well to seismic tie pada sumur F06-1	79
Gambar L. 7 Hasil initial model F02-1	80
Gambar L. 8 Hasil initial model F03-2	80
Gambar L. 9 Hasil initial model F03-2	80
Gambar L. 10 Hasil initial model F06-1	80
Gambar L. 11 Hasil analisis inversi sumur F03-2 dengan korelasi antara seismogram sintetik dan data seismik sebesar 0,96	81
Gambar L. 12 Hasil analisis inversi sumur F03-42 dengan korelasi antara seismogram sintetik dan data seismik sebesar 0,98	81
Gambar L. 13 Hasil analisis inversi sumur F06-1 dengan korelasi antara seismogram sintetik dan data seismik sebesar 0,97	81
Gambar L. 14 Loading data	82
Gambar L. 15 Menghitung volume shale.....	82
Gambar L. 16 <i>Input</i> data untuk volume shale	82
Gambar L. 17 Perhitungan volume shale	83
Gambar L. 18 Perhitungan estimasi densitas	83
Gambar L. 19 Data masukan untuk estimasi densitas.....	83
Gambar L. 20 Setting curve	84
Gambar L. 21 Running estimasi densitas.....	84
Gambar L. 22 Perhitungan <i>overburden</i>	84
Gambar L. 23 Setting <i>overburden</i>	85
Gambar L. 24 Hasil <i>overburden</i>	85
Gambar L. 25 Perhitungan pore pressure.....	86
Gambar L. 26 <i>Input</i> data	86
Gambar L. 27 Output curve	86
Gambar L. 28 kurva NCT	87
Gambar L. 29 Setting kurva pore pressure.....	87
Gambar L. 30 Hasil kurva pore pressure	87

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

<u>Simbol/Singkatan</u>	<u>Keterangan</u>
1D	Satu Dimensi
3D	Tiga Dimensi
AI	Impedansi Akustik
P_p	Tekanan pori; tekanan fluida dalam ruang pori batuan
P_h	Tekanan hidrostatik; tekanan normal yang hanya dipengaruhi oleh tebal kolom air dalam kondisi statis
σ	Tekanan <i>overburden</i> ; tekanan yang diakibatkan oleh <i>burden</i> atau tumpukan sedimen (gabungan matriks batuan)
σ'	Tekanan efektif; selisih antara tekanan <i>overburden</i> dengan tekanan pori
ρ	Densitas; masa jenis
ρ_f	Densitas fluida
ρ_b	Densitas batuan
g	Percepatan gravitasi; 9,8
h	Kedalaman
<i>Blow out</i>	Kick yang tidak terkontrol sehingga menyebabkan <i>kick</i> keluar melalui lubang bor
<i>Check-shot</i>	Data pengeboran yang mengukur waktu perpindahan seismik dari permukaan hingga kedalaman tertentu
<i>Crossline</i>	Garis semu yang tegak lurus dengan inline
<i>Cube</i>	Kubus; bentuk 3D dari persebaran sifat fisis batuan
<i>Effective Stress</i>	Tekanan efektif; tekanan yang bekerja pada antar-matriks dalam formasi batuan padat
Horizon	Reflektor yang merepresentasikan suatu lapisan batuan di bawah permukaan bumi
<i>Inline</i>	Garis semu yang sejajar dengan bentangan <i>receiver</i>
<i>Kick</i>	Suatu keadaan saat tekanan formasi lebih kecil dibandingkan dengan tekanan pada sumur pengeboran

<i>Loss</i>	Suatu keadaan saat tekanan formasi lebih kecil dibandingkan dengan tekanan pada sumur pengeboran
<i>m(t)</i>	Seismogram sintetik; hasil perkalian <i>wavelet</i> dengan koefisien refleksi model
<i>Moving average</i>	Metode interpolasi yang menetapkan rata-rata tertimbang dari titik-titik di sekitar data <i>input</i>
<i>Mud weight</i>	Beban/densitas lumpur yang digunakan pada pengeboran
<i>NCT</i>	<i>Normal compaction trend</i> ; trend sifat fisis batuan yang terjadi selama proses kompaksi dalam keadaan normal
<i>Null data</i>	Data yang tidak memiliki nilai biasanya ditunjukkan dengan angka -999
<i>Overpressure</i>	Tekanan bawah permukaan yang melebihi tekanan pori normal
Pa	Pascal; satuan turunan Sistem Internasional untuk tekanan atau tegangan
QC	<i>Quality control</i> ; proses yang dilakukan untuk meninjau hasil atau proses yang sedang berlangsung.
R	Koefisien refleksi
Ro	Koefisien refleksi model
Rt	Koefisien refleksi sebenarnya
<i>Shale</i>	Batuan sedimen yang berukuran sangat halus (<0,004 nm) yang terdiri dari mineral lempung dan non lempung
V	<i>Velocity</i> ; kecepatan
Vint	Kecepatan interval; kecepatan pada suatu lapisan tertentu
Vinv	Kecepatan inversi; kecepatan yang diekstrak dari hasil inversi impedansi akustik
<i>Wavelet</i>	Gelombang harmonik yang memiliki komponen amplitudo, panjang gelombang, frekuensi dan fasa
<i>Wireline log</i>	Catatan/ data sifat fisis formasi batuan yang diperoleh dari aktivitas pengeboran
Z	Impedansi akustik