



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PREDIKSI PROFIL TEKANAN BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN DATA *WELL LOGS* PADA SUMUR JS-1
CEKUNGAN JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

**JOKO SUPRAYETNO
21100112130016**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
MARET 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PREDIKSI PROFIL TEKANAN BAWAH PERMUKAAN MENGUNAKAN DATA *WELL LOGS* PADA SUMUR JS-1 CEKUNGAN JAWA TIMUR.

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Pada Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Oleh :

JOKO SUPRAYETNO
NIM 21100112130016

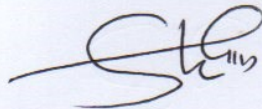
Telah disetujui dan disahkan pada

Hari / Tanggal : Kamis, 9 Maret 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Fahrudin, S.T. M.T.
NIP. 198301222006041002



Reddy Setyawan, S.T., M.T.
NIK. 198810230214011224

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Geologi



Najib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197710202005011001

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR

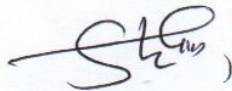
Tugas akhir ini diajukan oleh

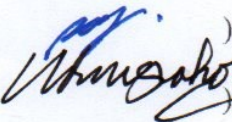
Nama : Joko Suprayetno
NIM : 21100112130016
Jurusan/Departemen : Teknik Geologi
Judul Skripsi : Prediksi Profil Tekanan Bawah Permukaan
Menggunakan Data *Well Logs* pada Sumur JS-1
Cekungan Jawa Timur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Penguji I : Fahrudin, S.T., M.T.
NIP. 198301222006041002
Penguji II : Reddy Setyawan, S.T., M.T.
NIK. 198810230214011224
Penguji III : Ir. Hadi Nugroho, Dipl. EGS., M.T.
NIP. 195206141986031001

()

()

Semarang, 9 Maret 2017

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Geologi



Nafib, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197710202005011001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : JOKO SUPRAYETNO

NIM : 21100112130016

Tanda Tangan :



Tanggal : 9 Maret 2017

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Joko Suprayetno
NIM : 21100112130016
Jurusan/Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

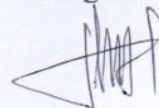
**PREDIKSI PROFIL TEKANAN BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN DATA *WELL LOGS* PADA SUMUR JS-1 CEKUNGAN
JAWA TIMUR**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro 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 : Semarang
Pada Tanggal : 9 Maret 2017

Yang menyatakan



(Joko Suprayetno)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prediksi Profil Tekanan Bawah Permukaan Menggunakan Data *Well logs* pada Sumur JS-1 Cekungan Jawa Timur” ini dapat tersusun dengan baik dan selesai.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “Prediksi Profil Tekanan Bawah Permukaan Menggunakan Data *Well Logs* pada Sumur JS-1 Cekungan Jawa Timur”. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro Semarang.

Secara garis besar, Laporan Tugas Akhir ini membahas tentang profil tekanan bawah permukaan pada sumur JS-1 yang nantinya profil tekanan tersebut akan sangat berguna untuk operasi pengeboran sumur-sumur baru di sekitar sumur JS-1. Pada tugas akhir ini dibahas mengenai keterdapatan *overpressure* serta mekanisme terjadinya *overpressure* tersebut. Selain itu, aplikasi praktis dari tugas akhir ini untuk dunia industri adalah pembuatan rekomendasi berat lumpur pengeboran yang akan berguna untuk pengeboran sumur baru di sekitar sumur JS-1.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan itu hanya merupakan milik Allah SWT. Begitu pun dengan penulisan laporan ini yang tak luput dari kesalahan. Kritik serta saran akan diterima dengan tangan terbuka, tentunya agar diperoleh hal-hal yang lebih baik dari sebelumnya. Penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca, khususnya bagi penulis sendiri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tidak lupa penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua Bapak Sumadiyo dan Ibu Mustabsiroh beserta keluarga yang telah memberikan dorongan doa serta bantuan baik moral maupun material.
2. Najib, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
3. Fahrudin, ST. M.T. dan Reddy Setyawan, ST., M.T. selaku dosen pembimbing.
4. Ir. Hadi Nugroho, Dipl. EGS., M.T. selaku dosen penguji.
5. PT Geotama Energi, khususnya kepada Bapak Ir. Aris Buntoro, M.T. dan Mbak Eka Andhini selaku pembimbing, dan juga seluruh tim PT Geotama Energi, Mas Diko, Mas Bagus, Mas Huda, Mba Dwi, Mba Anis dan Mba Wulan atas semua pengalaman dan bantuan yang banyak menjadi pembelajaran untuk saya.
6. Rekan-rekan tugas akhir di PT Geotama Energi, Maya, Permata, Geovandi, Faisal, Bayu, Sandi dan Arnanda.
7. Seluruh teman-teman yang selalu memberi motivasi dan dukungannya hingga terselesaikannya laporan ini.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Sekian ucapan terimakasih dari penulis dan jika terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis juga berharap karya ini bisa bermanfaat bagi semua pihak tidak hanya di lingkungan kampus, tetapi juga untuk kepentingan umum.

Semarang, Maret 2017
Penulis

ABSTRAK

Pada suatu formasi batuan di bawah permukaan terdapat berbagai jenis tekanan yang akan mempengaruhi operasi pengeboran sumur minyak dan gas. Tekanan-tekanan tersebut yaitu tekanan pori, tekanan rekah, serta tekanan batuan penindih. Kesalahan dalam memprediksi tekanan bawah permukaan tersebut dapat mengakibatkan berbagai masalah pengeboran seperti pengelupasan dinding sumur, runtuhnya dinding sumur, *tight hole*, hilang lumpur, hingga semburan liar. Terdapat fenomena semburan liar di Cekungan Jawa Timur seperti contohnya semburan lumpur Sidoarjo. Fenomena semburan lumpur tersebut mengindikasikan adanya *overpressure* pada lapisan batuan tertentu di Cekungan Jawa Timur. Studi mengenai zona-zona yang memiliki tekanan pori yang tinggi akan membantu dalam perencanaan pengeboran sumur minyak sehingga dapat meminimalisasi masalah pengeboran yang mungkin timbul selama pengeboran suatu sumur minyak ataupun gas.

Pada penelitian ini dilakukan analisis rekaman talikawat dan penggunaan berat lumpur pengeboran aktual beserta masalah sumur JS-1 yang bertujuan untuk mengidentifikasi *overpressure* serta mengetahui berat lumpur pengeboran yang direkomendasikan sehingga dapat dilakukan pengeboran dengan aman untuk sumur-sumur baru di sekitar sumur JS-1.

Pada penelitian ini terbukti bahwa runtuhnya dinding sumur dan pengelupasan dinding sumur terjadi akibat berat lumpur pengeboran yang kurang memenuhi *safety factor* guna mengimbangi tekanan pori. Masalah hilang lumpur terjadi akibat dari lumpur yang terlalu berat. Sementara itu, *tight hole* yang terjadi pada Formasi Wonocolo kemungkinan karena adanya mineral lempung yang bersifat mengembang karena berat lumpur yang digunakan secara umum masih aman.

Dari hasil analisis, terdapat dua zona *overpressure* yaitu pada kedalaman 2.680 – 4.900 kaki *TVD* dan juga pada 5.600 – 8.400 kaki *TVD*. Zona *overpressure* pertama memiliki nilai tekanan sebesar 2.700 *psi* hingga 4.690 *psi* dengan mekanisme *overpressure* berupa sedimentasi yang cepat. Hal tersebut diindikasikan oleh sejarah pengendapan yang selaras, tidak terdapat struktur geologi yang kompleks, umur cekungan yang masih muda (Neogen), dan dibuktikan oleh hasil prediksi yang menunjukkan nilai *effective stress* yang konstan serta keberhasilan penggunaan eksponen Eaton sebesar tiga. Namun, pada zona *overpressure* kedua yang memiliki nilai tekanan 6.250 *psi* hingga 7.660 *psi*, mekanismenya berbeda dengan zona pertama. *Overpressure* di zona kedua terjadi karena mekanisme diagenesis mineral lempung. Adanya diagenesis mineral lempung ini diindikasikan dari adanya masalah *tight hole* serta *crossplot* antara log densitas dan log sonik. *Crossplot* tersebut menunjukkan bahwa pada zona *overpressure* kedua telah terjadi transformasi mineral smektit menjadi mineral ilit. Berat lumpur pengeboran yang direkomendasikan dibuat dalam rentang dan terdapat lima rentang berat lumpur pengeboran yang direkomendasikan berdasarkan kedalaman.

Kata kunci: prediksi tekanan, tekanan pori, *overpressure*.

ABSTRACT

On a rock formation below the surface, there were different types of pressure that will affects the drilling operation of oil and gas wells. These pressures were pore pressures, fracture pressure, and overburden pressure. Errors in predicting subsurface pressures can lead to many problems such as sloughing, caving, lost circulation, and also a blowout. There was a blowout accident in Sidoarjo, East Java. The phenomena indicated that beneath East Java Basin might present an overpressured zone. The study about pore pressure would help in understanding how to drill safely and minimalise any drilling problems.

This research analyzed the wireline log, the use of actual mudweight and also drilling problems of JS-1, which aims to identify overpressure and to determine the mudweight recommendation so that it can be done safely for drilling new wells around the well JS-1. This research also sought to uncover the cause of the overpressure that occurs in wells JS-1.

In this research proved that caving and sloughing was caused by the mudweight which was too light and failed to comply safety factor for balancing pore pressure. Lost circulation was proved to be caused by the mudweight whis was too heavy. Meanwhile, tight hole in Wonocolo Formation probably caused by swelling clay mineral because the mudweight actually still meet the safety factor.

From the analysis, there are two overpressure zone at a depth of 2,680-4,900 feet TVD and also at 5,600-8,400 feet TVD. The first zone have pore pressure range from 2,700 psi up to 4,690 psi while the second zone ranged from 6,250 psi up to 7,660 psi. The causes of overpressure in the first overpressure zone is rapid sedimentation. This is indicated by the conform deposition history, the absence of complex geological structure, young basin age (Neogen), and proved by the constant effective stress and also the successful use of Eaton exponent 3. However, in the second overpressure zone, there are a different mechanism. The mechanism in the second overpressure zone is clay diagenesis. The presence of this clay mineral diagenesis indicated by crossplot between density log and sonic logs. Crossplot shows that in the second overpressure zone there are presence of illite mineral that has been transformed from smectite minerals. The mudweight recommendation created in five range depends on the pressure window at certain depth.

Keywords: pressure prediction, pore pressure, overpressure.

DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ISTILAH	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Rumusan dan Batasan Masalah	3
1.4.1. Rumusan Masalah	3
1.4.2. Batasan Masalah.....	3
1.5. Waktu dan Lokasi Penelitian	3
1.6. Penelitian Terdahulu	4
1.6.1. Diagram <i>Fish</i>	5
1.7. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Geologi Regional Cekungan Jawa Timur	8
2.1.1. Konfigurasi Cekungan	8
2.1.2. Struktur Umum Cekungan Jawa Timur	9
2.1.3. Stratigrafi.....	10
2.2. Profil Tekanan Bawah Permukaan.....	13
2.2.1. Tekanan Hidrostatik	14
2.2.2. Tekanan Batuan Penindih (<i>Overburden Pressure</i>)	16
2.2.3. Tekanan Pori (<i>Pore Pressure</i>).....	17
2.2.4. Tekanan Rekah Formasi (<i>Fracture Formation Pressure</i>) ..	19
2.3. Mekanisme-mekanisme <i>Overpressure</i>	20
2.3.1. <i>Loading Mechanism</i>	20
2.3.2. <i>Unloading Mechanism</i>	22
2.3.3. Mekanisme Lainnya	24
2.4. <i>Wireline Log</i> (Rekaman Talikawat)	29

2.4.1. Konsep Dasar Rekaman Talikawat	29
2.4.2. Metode-Metode Perhitungan Tekanan Pori Menggunakan Log	29
2.4.3. Kecenderungan Kompaksi Normal (NCT)	32
2.4.4. Respon Log Talikawat Terhadap Zona <i>Overpressure</i>	34
2.5. Lumpur Pengeboran	37
2.6. Masalah Lubang Bor	38
2.6.1. Pipa Terjepit (<i>String Stuck</i>).....	39
2.6.2. Masalah Serpih (<i>Shale Problem</i>)	40
2.6.3. Hilang Lumpur (<i>Lost Circulation</i>).....	40
2.6. Tinjauan Umum Sumur JS-1	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1. Objek Penelitian	45
3.2. Peralatan dan Data	45
3.3. Tahapan Penelitian.....	46
3.4. Hipotesis	47
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB IV NALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1. Ketersediaan Data untuk Prediksi Tekanan Bawah Permukaan	49
4.1.1. <i>Input Data</i>	50
4.2. Litostratigrafi Sumur JS-1	52
4.3. Prediksi Tekanan Bawah Permukaan pada Sumur JS-1	53
4.3.1. Gradien Tekanan Batuan Penindih (<i>Overburden Pressure Gradient</i>)	53
4.3.2. Seleksi Litologi Serpih.....	55
4.3.3. <i>Normal Pore Pressure</i>	59
4.3.4. <i>Pore Pressure Gradient</i>	61
4.3.5. <i>Fracture Pressure Gradient</i>	68
4.4. Perbandingan Hasil Prediksi pada Rekaman Sonik Metode Eaton (1975), Bowers (1995) dan Miller (1995).....	70
4.5. Perbandingan Hasil Prediksi Resistivitas dengan Sonik	71
4.6. Zona <i>Overpressure</i>	72
4.7. Mekanisme <i>Overpressure</i>	76
4.8. Rekomendasi Berat Lumpur Pengeboran	79
4.9. Profil Tekanan Bawah Permukaan Setiap Formasi	81
4.9.1. Profil Tekanan Bawah Permukaan Formasi Mundu	81
4.9.2. Profil Tekanan Bawah Permukaan Formasi Ledok	82
4.9.3. Profil Tekanan Bawah Permukaan Formasi Wonocolo	83
4.9.4. Profil Tekanan Bawah Permukaan Formasi Ngrayong.....	84
4.9.5. Profil Tekanan Bawah Permukaan Formasi Tuban	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	87
5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran	88

DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jadwal Kegiatan Tugas Akhir.....	3
Tabel 4.1. Konversi satuan American-metric dalam prediksi tekanan bawah permukaan (Zhang, 2011).	49
Tabel 4.2. Kolom litostratigrafi pada sumur JS-1	52
Tabel 4.3. Variasi nilai salinitas dan gradien tekanan hidrostatik (Inteq, 1996)	60
Tabel 4.4. Data <i>Poisson ratio</i> sumur JS-1.....	69
Tabel 4.5. Rekomendasi berat lumpur pengeboran.....	80
Tabel 4.6. Tabel Hasil Penelitian	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram <i>Fish</i> hasil penelitian terdahulu.	6
Gambar 2.1.	Peta Cekungan Jawa Timur (Hakim, 2014).	8
Gambar 2.2.	Variasi kedalaman batuan dasar dari peta anomali bouger (GRDC, 2000; dalam Hakim, 2014).	9
Gambar 2.3.	Beberapa zona sedimentasi di daerah Jawa Timur (Pertamina BPPKA, 1996).	9
Gambar 2.4.	Pola struktur di Pulau Jawa bagian Timur (Martodjojo dan Pulunggono, 1994).	10
Gambar 2.5.	Profil tekanan bawah permukaan secara umum (dimodifikasi dari Zhang, 2011).	14
Gambar 2.6.	Hubungan Tekanan dan Gradien Hidrostatik (<i>Luthfi Maulana, 2012; dalam Andhini, 2015</i>)	15
Gambar 2.7.	Mekanisme <i>disequilibrium compaction</i> atau disebut juga rapid sedimentation ini ditandai dari nilai <i>effective stress</i> yang konstan (Swarbrick dan Osborne, 1998).	21
Gambar 2.8.	Beberapa skema patahan yang menyebabkan <i>overpressure</i> (<i>Nugroho dan Setyobudi, 2013</i>).	24
Gambar 2.9.	Mekanisme osmosis yang membentuk <i>overpressure</i> (Swarbrick dan Osborne, 1998).	26
Gambar 2.10.	Mekanisme <i>hydraulic head</i> (Swarbrick dan Osborne, 1998)....	26
Gambar 2.11.	Mekanisme transfer vertikal (<i>vertical transfer</i>) (Ramdhan, 2010).	27
Gambar 2.12.	Mekanisme transfer lateral (Dennis dkk., 2000; dalam Ramdhan, 2010).	28
Gambar 2.13.	Pola <i>shoulder effect</i> akibat mekanisme transfer lateral (Ramdhan, 2010).	28
Gambar 2.14.	Ilustrasi pengangkatan yang menyebabkan <i>overpressure</i> (Beaumont, 1999).....	29
Gambar 2.15.	Grafik profil tekanan-kedalaman dan respon rekaman talikawat terhadap <i>overpressure</i> akibat mekanisme <i>loading / disequilibrium compaction</i> (Ramdhan, 2010).....	35
Gambar 2.16.	Respon rekaman talikawat terhadap <i>unloading</i> (Ramdhan, 2010).	36
Gambar 2.17.	<i>Crossplot</i> antara data log sonik dan <i>density log</i> yang dikenal sebagai <i>Dutta Crossplot</i> (Dutta, 2002).....	36
Gambar 2.18.	Proses-Proses Diagenesis dan Perubahan yang Terjadi pada Sedimen Silisiklastik (Boggs, 2001). Pada zona mesogenesis, terdapat proses <i>clay mineral authigenesis</i> yang dapat menimbulkan <i>overpressure</i>	37
Gambar 3.1.	Letak Sumur JS-1 yang berada di Cekungan Jawa Timur (dimodifikasi dari Van Bemmelen, 1949).	45
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian.....	48

Gambar 4.1.	Data asli survei sumur (kiri); data survei sumur setelah dimasukkan kedalam <i>Drillworks Predict</i> (kanan).....	50
Gambar 4.2.	<i>Input data</i> . Pada <i>track</i> menunjukkan data log sinar gamma, formasi dan jenis litologi, serta titik-titik letak masalah pengeboran. Pada <i>track II</i> menunjukkan data log densitas. Pada <i>track III</i> menunjukkan log sonik. Pada <i>track IV</i> menunjukkan data log resistivitas dan pada <i>track V</i> menunjukkan data leak off test serta data berat lumpur pengeboran yang digunakan pada sumur JS-1.....	51
Gambar 4.3.	Rekaman densitas hasil <i>logging</i> dan sintetis (<i>track</i> kiri), serta data log densitas lengkap gabungan antara hasil log dan sintetis (<i>track</i> kanan) pada selang kedalaman 0 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	54
Gambar 4.4.	Hasil perhitungan <i>overburden gradient</i> , <i>track</i> kiri merupakan log RHOB, <i>track</i> tengah merupakan <i>overburden gradient</i> dengan satuan <i>ppg</i> , <i>track</i> kanan merupakan <i>overburden pressure</i> dengan satuan <i>psi</i> pada selang kedalaman 0 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	55
Gambar 4.5.	Defleksi log <i>gamma ray</i> (Dewan, 1983).	56
Gambar 4.6.	Penentuan garis <i>cut-off</i> (hitam) serta <i>shale lines</i> (merah), garis kuning adalah <i>sand baseline</i> dan garis hijau adalah <i>shale baseline</i> pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	57
Gambar 4.7.	<i>Shale points</i> pada log resistivitas (<i>track</i> kedua) pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i> dan log sonik (<i>track</i> ketiga) pada selang kedalaman 660 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	58
Gambar 4.8	Hasil evaluasi <i>normal pore pressure</i> pada log resistivitas (<i>track</i> kiri) pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i> dan log sonik (<i>track</i> kanan) pada selang kedalaman 660 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	61
Gambar 4.9.	Hasil analisis gradien tekanan pori metode resistivitas Eaton pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i> (garis merah PP pada <i>track</i> ketiga).	63
Gambar 4.10.	Hasil analisis gradien tekanan pori metode sonik Eaton dengan eksponen Eaton 3 pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i> (garis merah PP pada <i>track</i> ketiga).	65
Gambar 4.11.	Hasil analisis gradien tekanan pori metode Bowers (garis berwarna hijau pada <i>track</i> ketiga). Kotak hitam menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan prediksi yang <i>overestimated</i> pada selang kedalaman 2.800 – 4.150 kaki <i>TVD</i>	66
Gambar 4.12.	Hasil analisis gradien tekanan pori metode Miller (1995). Kotak hitam menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan prediksi yang <i>overestimated</i> pada selang kedalaman 2.900 – 4.150 kaki <i>TVD</i>	67
Gambar 4.13.	<i>Fracture pressure gradient</i> pada log resistivitas (<i>track</i> paling kiri); dan FG pada log sonik (<i>track</i> paling kanan) pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki <i>TVD</i>	70

Gambar 4.14.	Perbandingan hasil dari Log sonik metode Eaton (1975), Bowers (1995) dan Miller (1995) pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki TVD.....	71
Gambar 4.15.	Perbandingan antara hasil prediksi pada log resistivitas dan log sonik pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki TVD.....	72
Gambar 4.16.	Profil tekanan bawah permukaan pada sumur JS-1; zona <i>overpressure</i> ditandai dengan warna merah pada selang kedalaman 2.396 - 10.266 kaki TVD.	74
Gambar 4.17.	Zona <i>overpressure</i> pertama pada selang kedalaman 2.680 – 4.900 kaki TVD (<i>track</i> kiri: <i>RHOB</i> log ; <i>track</i> tengah: litologi dan log sonik ; <i>track</i> kanan: profil tekanan).	74
Gambar 4.18.	Zona <i>overpressure</i> kedua pada selang kedalaman 5.600 – 8.400 kaki TVD (<i>track</i> kiri: <i>RHOB</i> log ; <i>track</i> tengah: litologi dan log sonik ; <i>track</i> kanan: profil tekanan).	75
Gambar 4.19.	Kecenderungan gradien pada kedua zona <i>overpressure</i> . Pada zona pertama (2.680 – 4.900 kaki <i>TVD</i>) memiliki kecenderungan <i>effective stress</i> yang konstan, sedangkan pada zona kedua tidak (5.600 – 8.400 kaki <i>TVD</i>)......	76
Gambar 4.20.	<i>Dutta Crossplot DT vs RHOB</i> pada kedua zona <i>overpressure</i> . Terlihat bahwa zona <i>overpressure</i> 1 dominan berada pada telodiagenesis, sedangkan zona <i>overpressure</i> 2 berada pada zona mesodiagenesis.....	78
Gambar 4.21.	Kedalaman dan rekomendasi berat lumpur pengeboran (kuning).....	80
Gambar 4.22.	Profil tekanan bawah permukaan Formasi Mundu pada selang kedalaman 1.985 – 4.699 kaki <i>TVD</i>	82
Gambar 4.23.	Profil tekanan bawah permukaan Formasi Ledok pada selang kedalaman 4.699 – 5.334 kaki <i>TVD</i>	83
Gambar 4.24.	Profil tekanan bawah permukaan Formasi Wonocolo pada selang kedalaman 5.334 - 7.430 kaki <i>TVD</i>	84
Gambar 4.25.	Profil tekanan bawah permukaan Formasi Ngrayong dengan selang kedalaman 7.430 – 9.412 kaki <i>TVD</i> . Terlihat sisipan lapisan batugamping pada kedalaman 8.870 kaki <i>TVD</i>	85
Gambar 4.26.	Profil tekanan bawah permukaan Formasi Tuban pada selang kedalaman 9.412 – 10.266 kaki <i>TVD</i>	86

DAFTAR ISTILAH

- Blowout* : Semburan liar di mulut sumur akibat dari aliran fluida formasi yang tidak terkendali yang merupakan kelanjutan dari *kick*.
- Caving* : Runtuhan dinding sumur.
- Disequilibrium compaction* : Kompaksi tak sempurna.
- Fracture pressure* : Tekanan rekah, yaitu tekanan yang dapat ditahan oleh formasi sebelum rusak atau hancur.
- Hydrostatic pressure* : Tekanan hidrostatik, yaitu tekanan yang disebabkan oleh berat fluida dalam sebuah kolom dalam keadaan diam pada ketinggian tertentu. Tekanan hidrostatik ini merupakan tekanan pori normal yang memiliki gradien 0.433 psi/ft jika air formasi berupa air tawar hingga 0.465 psi/ft jika air formasi berupa air asin.
- Kick* : Masuknya fluida formasi kedalam lubang bor.
- Loss* : Hilang sirkulasi lumpur pengeboran.
- Overburden* : Tanah penutup atau batuan penindih.
- Overpressure* : Tekanan luap, yaitu tekanan pori yang berada di atas gradien tekanan pori normal. Misal jika suatu formasi memiliki gradien tekanan pori normal sebesar 0.433 psi/ft , maka *overpressure* terjadi ketika gradien tekanan diatas 0.433 psi/ft .
- Pore pressure* : Tekanan pori.
- Rapid sedimentation* : Tingkat sedimentasi yang cepat.
- Safety factor* : Berat lumpur pengeboran minimal guna mengimbangi tekanan pori dalam operasi pengeboran, contohnya *safety factor* di perusahaan

Baker Hughes INTEQ (1996) adalah 0,5 *ppg* diatas tekanan pori.

Sloughing

: Pengelupasan dinding sumur.

Tight hole

: Kondisi dimana lubang sumur menjadi ketat, hal ini akan membuat gerakan pipa pengeboran menjadi terhambat.

Underpressure

: Tekanan formasi yang berada di bawah gradien tekanan hidrostatik normal. Misal jika suatu formasi memiliki gradien tekanan pori normal sebesar 0,45 *psi/ft*, maka *underpressure* terjadi ketika gradien tekanan berada dibawah 0,45 *psi/ft*.