

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| SARI | v |
| ABSTRACT | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| I.1. Latar Belakang | 1 |
| I.2. Maksud dan Tujuan | 3 |
| I.3. Lokasi Penelitian..... | 3 |
| I.4. Rumusan Masalah..... | 4 |
| I.5. Batasan Masalah | 4 |
| I.6. Peneliti Terdahulu..... | 5 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| II.1. Geologi Regional Cekungan Salawati..... | 8 |
| II.1.1. Struktur dan tektonik regional Cekungan Salawati | 9 |
| II.1.2. Stratigrafi regional Cekungan Salawati..... | 14 |

| | |
|--|-----------|
| II.1.3. <i>Petroleum system</i> Cekungan Salawati..... | 18 |
| II.2. Dasar Teori | 21 |
| II.2.1. Rekahan batuan | 21 |
| II.2.2. Peta <i>fault cut-off</i> | 23 |
| II.2.3. Konsep dasar metode seismik | 25 |
| II.2.3. <i>Naturally fractured reservoir</i> | 28 |
| BAB III. HIPOTESIS DAN METODE PENELITIAN | 34 |
| III.1. Hipotesis Penelitian..... | 34 |
| III.2. Metode Penelitian..... | 34 |
| III.2.1. Alat dan data penelitian..... | 35 |
| III.2.2. Tahapan penelitian | 38 |
| III.2.3. Jadwal penelitian..... | 40 |
| BAB IV. ANALISIS DATA..... | 43 |
| IV.1. Interpretasi Seismik | 43 |
| IV.1.1. <i>Picking horizon</i> | 44 |
| IV.1.2. Interpretasi sesar | 46 |
| IV.1.3. Peta struktur waktu | 47 |
| IV.1.4. Peta struktur kedalaman..... | 49 |
| IV.1.5. Pemodelan struktur dan horizon | 50 |
| IV.2. Seismik Atribut | 52 |
| IV.2.1. Atribut <i>curvature</i> | 53 |
| IV.2.2. <i>Ant-tracking</i> | 54 |
| IV.2.3. Atribut RMS | 56 |

| | |
|--|-----------|
| IV.3. Pemodelan Data Secara 3D..... | 58 |
| IV.3.1. Pemodelan karakteristik batuan | 59 |
| IV.3.2. Pemodelan probabilitas zona terrekahkan | 62 |
| IV.4. Arah Gaya Pembentuk Sesar dan Rekahan..... | 64 |
| IV.4.1. Tipe sesar | 65 |
| IV.4.2. Kedudukan Sesar-1 dan Sesar-2 | 66 |
| IV.4.3. Arah gaya pembentuk sesar | 74 |
| IV.4.4. Arah gaya pembentuk rekahan..... | 78 |
| BAB V. PEMBAHASAN DAN INTERPRETASI DATA | 81 |
| V.1. Tektonik Sesar-1 dan Sesar-2..... | 81 |
| V.2. Interpretasi Sesar dan Sistem Rekahan | 85 |
| V.3. Penentuan Zona Distribusi Rekahan yang Potensial..... | 89 |
| BAB VI. KESIMPULAN | 94 |
| DAFTAR PUSTAKA | 96 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 1.1. | Lokasi penelitian Lapangan “DAM” (kotak hitam) di Cekungan Salawati (Satyana, 2003) | 3 |
| Gambar 2.1. | Lokasi regional cekungan <i>foreland</i> Salawati relatif dengan Lempeng Indo – Australia. Cekungan dibatasi oleh Sesar Sorong di sebelah Utara. Geoantiklin Misool – Onin dan Tinggian Ayamaru terdiri atas Formasi Kais berumur Miosen yang mengalami <i>uplift</i> pada Mio – Pliosen (Satyana, 2003)..... | 9 |
| Gambar 2.2. | Konfigurasi struktur saat ini serta keterdapatan empat trend dari struktur (Satyana dkk, 2002) | 11 |
| Gambar 2.3. | Model struktur dan evolusi pembalikan Cekungan Salawati dari arah utara ke arah selatan pada Pliosen (Satyana, 2003)..... | 12 |
| Gambar 2.4. | Stratigrafi regional Cekungan Salawati (Satyana, 2003) | 15 |
| Gambar 2.5. | Gambaran secara umum arah migrasi hidrokarbon di Cekungan Salawati pada kala Pliosen (JOB Pertamina-Petrochina Sawalati, 2009)..... | 19 |
| Gambar 2.6. | Tipe <i>play</i> di Cekungan Salawati yang didasarkan atas penelitian yang dilakukan di beberapa lapangan eksplorasi dan produksi (Satyana, 2000, dengan modifikasi oleh JOB Pertamina-Petrochina Salawati, 2014)..... | 20 |
| Gambar 2.7. | Bidang rekahan yang berpotensi terbentuk akibat terkena gaya. Terlihat rekahan ekstensi (a) dan rekahan shear (b dan c) | 22 |
| Gambar 2.8. | Tipe model pada rekahan (Twiss dan Moore, 1992 dalam Rey, 2010)..... | 23 |
| Gambar 2.9. | Contoh rekonstruksi peta <i>fault cut-off</i> (Groshong, 2006)..... | 24 |
| Gambar 2.10. | Perpindahan sesar rotasi yang ditunjukkan pada peta <i>fault cut-off</i> . <i>Foot wall</i> ditunjukkan oleh bagian berwarna abu – abu, sedangkan <i>hanging wall</i> ditunjukkan oleh bagian berwarna putih. Garis panah menunjukkan pergerakan relatif dari hanging wall yang menunjukkan sesar naik sinistral dengan rotasi sebesar 150 (Groshong, 2006)..... | 25 |
| Gambar 2.11. | Klasifikasi atribut seismik (Brown, 2000)..... | 27 |

| | |
|---|----|
| Gambar 2.12. Parameter – parameter yang mempengaruhi produktivitas dari rekahan (Sagita, 2008 dalam Pertamina, 2014)..... | 33 |
| Gambar 3.1. Pola pengukuran seismik 3D pada daerah penelitian | 37 |
| Gambar 3.2. Contoh penampang vertikal seismik daerah penelitian (<i>inline 381</i>)..... | 37 |
| Gambar 3.3. Diagram alir penelitian | 42 |
| Gambar 4.1. Kenampakan intrusi granit pada seismik yang menembus sumur PGP-1 (<i>inline 616</i>)..... | 45 |
| Gambar 4.2. Contoh proses <i>picking</i> horizon yang dilakukan pada data seismik yang memotong sumur PGP-2 pada <i>inline 496</i> . Gambar (a) menunjukkan horizon yang ada pada <i>top basement</i> yang ditandai dengan kedalaman pada sumur, sedangkan gambar (b) menunjukkan <i>picking</i> pada <i>wiggle</i> yang dilakukan pada <i>zero phase</i> | 45 |
| Gambar 4.3. Contoh <i>picking</i> sesar yang dilakukan dan difokuskan pada horizon <i>top basement</i> pada seismik. Gambar (a) dilakukan pada <i>inline 391</i> dan gambar (b) dilakukan pada <i>inline 726</i> | 47 |
| Gambar 4.4. Peta struktur waktu <i>top</i> batuan dasar Pra-Tersier yang dibuat dari hasil <i>picking</i> | 48 |
| Gambar 4.5. Grafik <i>cross-plot</i> antara <i>measure depth</i> dengan TWT pada <i>checkshot</i> | 49 |
| Gambar 4.6. Peta struktur kedalaman <i>top</i> batuan dasar Pra-Tersier | 50 |
| Gambar 4.7. Kenampakan <i>fault model</i> yang dilakukan pada tahap <i>structural modeling</i> berdasarkan data <i>picking</i> sesar | 51 |
| Gambar 4.8. Kenampakan <i>horizon</i> dan <i>fault model</i> yang dilakukan pada horizon <i>top</i> batuan dasar Pra-Tersier..... | 51 |
| Gambar 4.9. Gambaran 2D dari atribut <i>most positive curvature</i> pada <i>time slice -2648 ms</i> . Garis biru pada gambar menunjukkan adanya kelurusan sesar seperti yang telah dilakukan pada <i>picking</i> sesar .. | 53 |
| Gambar 4.10. Gambaran 3D dari <i>horizon slice</i> pada atribut <i>most positive curvature</i> yang ditambah resolusinya dengan atribut <i>ant-tracking</i> . Garis merah menunjukkan <i>picking</i> sesar yang dilakukan pada seismik, sedangkan tanda panah menunjukkan deteksi sesar yang ada dari ekstraksi atribut..... | 55 |

- Gambar 4.11. Penampang hasil ekstraksi atribut RMS pada *horizon slice* yang dilakukan pada seismik. Karakteristik batuan yang lebih rapuh (*brittle*) ditunjukkan oleh nilai dan intensitas warna yang lebih tinggi dibandingkan dengan karakteristik yang tingkat kerapuhannya rendah..... 56
- Gambar 4.12. *Structural gridding model* yang dilakukan pada *top horizon basement*. Gambar (a) menunjukkan *gridding structural model*, gambar (b) menunjukkan pemodelan zona utama yang ada pada batuan dasar 58
- Gambar 4.13. Hasil pemodelan karakteristik batuan menggunakan atribut RMS yang diekstraksi pada model grid. Gambar (a) menunjukkan hasil ekstraksi RMS, gambar (b) menunjukkan hasil pembagian karakteristik batuan. Pada gambar (b) warna merah menunjukkan karakteristik batuan dengan tingkat kerapuhan yang tinggi dan warna merah muda menunjukkan karakteristik batuan kerapuhan rendah. 61
- Gambar 4.14. Hasil pemodelan probabilitas zona terrekahkan pada batuan dasar Pra-Tersier. Gambar (a) menunjukkan hasil penilaian kesamaan parameter di *software* Petrel, gambar (b) menunjukkan hasil pembagian zona probabilitas berdasarkan parameter model karakteristik batuan dan atribut *curvature*, dan gambar (c) menunjukkan hasil pembagian zona probabilitas yang ditambahkan parameter keterdapatan *damage zone* sesar 63
- Gambar 4.15. Target lokasi penelitian pada daerah penelitian yang ditunjukkan dengan kotak warna merah. Dua sesar mayor yang dianalisis, yaitu Sesar-1 dan Sesar-2 ditunjukkan dengan anak panah. Sedangkan pergerakan kedua sesar ditunjukkan oleh panah berwarna hitam 65
- Gambar 4.16. Pembagian *trend* pada sesar yang ditunjukkan oleh beberapa garis dan juga besar sudut *strike* pada segmen 67
- Gambar 4.17. Contoh pengukuran kemiringan (*dip*) sesar yang dilakukan pada segmen 2 dan segmen 3. Segmen 2 dan segmen 3 memiliki warna dominan biru. 68
- Gambar 4.18. Contoh peta *fault cut-off* pada Sesar-1. Gores garis memiliki arah turun ke kiri (dilihat dari barat) yang menandakan Sesar-1 merupakan sesar turun dekstral. *Pitch* diukur berdasarkan sudut jurus dengan arah net slip pada bidang sesar. 69
- Gambar 4.19. Pembagian segmen serta sesar tua dan sesar muda di Sesar-2 (ditunjukkan oleh garis merah)..... 70

- Gambar 4.20. Contoh pengukuran kemiringan (*dip*) sesar yang dilakukan pada segmen 1, segmen 2, segmen 3, segmen 4, dan segmen 5. Besar *dip* ditentukan berdasarkan dominasi warna pada tiap segmen..... 71
- Gambar 4.21. Contoh peta *fault cut-off* pada Sesar-2. Gores garis memiliki arah turun ke kanan yang menandakan Sesar-2 merupakan sesar turun sinistral. *Pitch* diukur berdasarkan sudut jurus dengan *net slip* pada bidang sesar dengan dominasi sebesar 64° 72
- Gambar 4.22. Contoh analisis sesar menggunakan *schmidt net* pada *software* Win Tensor pada segmen 2 (a) dan segmen 3 (b). Gambar (c) merupakan hasil pertampalan area σ_1 pada ketiga segmen. Kedudukan σ_1 relatif berarah barat laut – tenggara dan σ_3 relatif berarah timur laut – barat daya 75
- Gambar 4.23. Contoh analisis sesar menggunakan *schmidt net* pada *software* Win Tensor pada segmen 6 (a) dan segmen 7 (b). Gambar (c) merupakan hasil pertampalan area σ_1 pada sembilan segmen. Kedudukan σ_1 relatif berarah timur laut – barat daya dan σ_3 relatif berarah barat laut – tenggara..... 77
- Gambar 4.24. Kelurusan indikasi rekahan pada atribut *curvature* dan *ant-tracking* (garis warna merah)..... 79
- Gambar 4.25. Analisis diagram *rose* pada arah indikasi rekahan berdasarkan atribut *curvature* yang ditambah resolusinya dengan atribut *ant-tracking*..... 80
- Gambar 4.26. Hasil analisis atribut *curvature* yang ditambah resolusinya dengan atribut *ant-tracking* pada *time slice* -2610 ms. Garis kontur menunjukkan *basement high* berupa intrusi granit, sedangkan garis merah menunjukkan adanya indikasi rekahan yang tinggi pada intrusi 80
- Gambar 5.1. Sayatan pada inline 391 yang menunjukkan adanya Sesar-1 dan Sesar-2 serta formasi batuan. Dapat terlihat pada gambar bahwa Sesar-1 memotong hingga batuan Pra-Tersier, sedangkan Sesar-2 (sesar muda) memotong hingga Formasi Klasaman. 82
- Gambar 5.2. Sayatan pada inline 606 yang menunjukkan adanya Sesar-2 (sesar tua) yang memotong formasi batuan Pra-Tersier..... 83
- Gambar 5.3. Perbandingan jenis Sesar-2 pada bagian yang tereaktivasi dengan model tektonik pada fase Neogen yang dipengaruhi oleh pergerakan Sesar Sorong. Dari perbandingan ini, terdapat kesesuaian antara orientasi sesar dengan jenis sesar yang terdapat pada model, yaitu sesar sinistral 86

- Gambar 5.4. Model konseptual tektonik yang terjadi di lokasi penelitian pada kala Pliosen berdasarkan analisis sesar dan kekar (tanpa skala). Rekahan terbuka terbentuk akibat adanya tegangan tarikan dari σ_3 berarah barat laut – tenggara yang menghasilkan rekahan esktnensi berarah timur laut – barat daya. 88
- Gambar 5.5. Perbandingan zona potensial pada model probabilitas dan pada *horizon slice* atribut *curvature* dan *ant-tracking* yang ditunjukkan oleh kotak berwarna kuning 91
- Gambar 5.6. Penentuan zona potensi reservoir pada batuan dasar berdasarkan model probabilitas, konsep tektonik, dan atribut *ant-tracking*.... 92

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Perbandingan kejadian tektonik di daerah Kepala Burung, Misool, Seram, dan Salawati (modifikasi dari Sapiie, 2000, Pairault dkk, 2003, Satyana, 2003, dan Closs dkk, 2005 dalam Riadini, 2009)..... | 13 |
| Tabel 2.2. Hubungan antara litologi dengan jumlah rekahan (Johnson, 1999)... | 29 |
| Tabel 3.1. Kelengkapan data sumur | 36 |
| Tabel 3.2. Kelengkapan data log | 36 |
| Tabel 3.3. Tahapan dan jadwal penelitian | 40 |
| Tabel 4.1. Tabulasi kedudukan Sesar-1 berdasarkan pembagian segmen | 70 |
| Tabel 4.2. Tabulasi kedudukan Sesar-2 berdasarkan pembagian segmen | 73 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|---------------|---|-----|
| Lampiran A. | Interpretasi Seismik..... | 99 |
| Lampiran A.1. | Interpretasi <i>Picking</i> Seismik | 100 |
| Lampiran A.2. | Perbandingan Sesar Tua dan Sesar Muda pada Sesar-2..... | 110 |
| Lampiran A.3. | Model Struktur 3D | 111 |
| Lampiran A.4. | Interpretasi Atribut Seismik | 112 |
| Lampiran B. | Analisis Kedudukan Sesar..... | 113 |
| Lampiran B.1. | Analisis Kedudukan Sesar-1 | 114 |
| Lampiran B.2. | Analisis Kedudukan Sesar-2 | 116 |
| Lampiran C. | Analisis Arah Gaya Pembentuk Sesar & Rekahan | 118 |
| Lampiran C.1. | Analisis Arah Gaya Pembentuk Sesar-1 | 119 |
| Lampiran C.2. | Analisis Arah Gaya Pembentuk Sesar-2 | 120 |
| Lampiran C.3. | Tabel Data Orientasi Arah Indikasi Rekahan..... | 122 |