

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
INTISARI.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Sasaran Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Hasil Yang Diharapkan	6
1.7. Batasan Operasional	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.1.1. Teknologi Penginderaan Jauh Synthetic Aperture Radar (SAR) 8	
2.1.2. Multi-Polarisasi Citra Radar SAR	13
2.1.3. Analisis Struktur Geologi	15
2.1.4. Multi-Polarisasi Untuk Analisis Struktur Geologi Pengontrol Perkembangan Hidrokarbon	18
2.2. Penelitian Sebelumnya	20
2.3. Kerangka Pemikiran	25
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1. Daerah Penelitian.....	29
3.2. Alat, Data, dan Variabel Penelitian	29
3.2.1. Alat Penelitian	29

3.2.2. Data Penelitian.....	30
3.2.3. Variabel Penelitian.....	31
3.3. Tahapan Penelitian	32
3.3.1. Tahap persiapan	32
3.3.2. Tahap Penelitian	33
3.3.3. Tahap Penyusunan Laporan Penelitian.....	43
BAB IV GEOLOGI REGIONAL CEKUNGAN JAWA TIMUR.....	44
4.1. Struktur Regional Cekungan Jawa Timur	44
4.2. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur.....	45
4.3. Petroleum System Cekungan Jawa Timur.....	50
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
5.1. Pengolahan Data Citra Radar	54
5.1.1. Kalibrasi.....	55
5.1.2. <i>Multilook</i>	56
5.1.3. <i>Speckle Filtering</i>	59
5.1.4. Koreksi Geometrik dan Mosaik.....	63
5.1.5. Penajaman dan Komposit Citra Multi-Polarisasi	65
5.2. Interpretasi Struktur dan Closure.....	71
5.2.1. Interpretasi Struktur Geologi	72
5.2.2. Interpretasi <i>Closure</i>	82
5.3. <i>Field Check</i>	83
5.4. Uji Akurasi	85
5.5. Analisis Prospek Hidrokarbon.....	103
5.5.1. Analisis Struktur Geologi	103
5.5.2. Analisis Perangkap Hidrokarbon	104
5.6. Analisis Target Eksplorasi.....	107
5.7. Evaluasi Citra SAR Multi-Polarisasi.....	108
BAB VI PENUTUP	116
6.1. Kesimpulan.....	116
6.2. Saran.....	117
DAFTAR PUSTAKA	xviii
LAMPIRAN.....	- 1 -

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Panjang gelombang dan frekuensi yang digunakan pada sistem radar	9
Tabel 2.	Penelitian sebelumnya	22
Tabel 3.	Matrik hasil interpretasi <i>closure</i> dan <i>hydrocarbon play</i>	106
Tabel 4.	Tabel penilaian empat polarisasi citra pada daerah relief bergelombang hingga pegunungan	110
Tabel 5.	Tabel penilaian empat polarisasi citra pada daerah relief datar hingga bergelombang.....	111
Tabel 6.	Hasil uji Analisis Varian (ANOVA) satu arah	113
Tabel 7.	Hasil uji perbandingan antar polarisasi dengan metode uji HSD (Tukey).....	113
Tabel 8.	Rangkuman uji HSD (Tukey)	114
Tabel 9.	Penentuan arah dominan	115
Tabel L- 1.	Tingkat pengolahan citra	- 5 -
Tabel L- 2.	Tingkat pemrosesan berdasar mode pengamatan	- 5 -
Tabel L- 3.	Tingkat pemrosesan dan Tipe Data	- 5 -
Tabel L- 4.	Definisi Ukuran Scene	- 6 -
Tabel L- 5.	Ringkasan parameter pemrosesan.....	- 6 -
Tabel L- 6.	Komposisi file dan definisi nama file	- 6 -
Tabel L- 7.	Kondisi pembuatan data citra beresolusi rendah	- 7 -
Tabel L- 8.	Format of low resolution image data	- 7 -
Tabel L- 9.	Kondisi pembuatan data jelajah PALSAR.....	- 8 -
Tabel L- 10.	Format jelajah data PALSAR	- 8 -
Tabel L- 11.	Klasifikasi Level-1 berdasarkan resolusi.....	- 11 -
Tabel L- 12.	Parameter kinerja produk Level-1	- 12 -
Tabel L- 13.	Rekapitulasi hasil pengamatan dan pengukuran pada daerah penelitian.....	- 33 -

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Geometri <i>side-looking</i> radar (Natural Resources Canada, 2016)	9
Gambar 2.	Teori Anderson tentang prediksi sesar yang akan terjadi (a) (high-angle) sesar normal, (b) (low-angle) sesar naik, (c) (vertikal) sesar mendatar (Pluijm and Marshak, 2004)	16
Gambar 3.	Model hipotesis hubungan sesar geser dan perlipatan orde 1,2,dan 3 (Moody dan Hill (1956) dalam LEMIGAS, 2007)	17
Gambar 4.	Jenis-jenis lipatan berdasarkan intensitas gaya kompresi yang bekerja (Wiley dan Sons (1999) dalam Earth Science, 2015)	18
Gambar 5.	Kerangka pemikiran penelitian	28
Gambar 6.	Daerah penelitian	29
Gambar 7.	Diagram Alir penelitian	34
Gambar 8.	Stratigrafi Zona Rembang (Pringgoprawiro (1983) dalam Lemigas, 2007)	46
Gambar 9.	Stratigrafi Zona Rembang (Exxon (1986) dalam IPA- Pusdiklat Migas Cepu, 2003)	47
Gambar 10.	Diagram alir pengolahan citra radar	55
Gambar 11.	Data citra sebelum (A) dan sesudah dilakukan kalibrasi	56
Gambar 12.	Citra radar terkalibrasi sebelum (A) dan sesudah (B) dilakukan multilooking	58
Gambar 13.	Perbandingan kenampakan citra sebelum dan setelah dilakukan pemfilteran, dengan menggunakan filter boxcar (mean) lebar kernel 3x3, 5x5, dan 7x7	60
Gambar 14.	Perbandingan hasil filtering citra radar	62
Gambar 15.	Hasil perpaduan filter Lee dan filter Median	63
Gambar 16.	Citra radar sebelum (A) dan sesudah (B) dilakukan koreksi geometrik	65
Gambar 17.	Perbandingan kombinasi dengan saluran G dan saluran H pada polarisasi yang sama dan pengiriman signal yang sama dengan saluran R pada relief bergelombang – bergunung	66

Gambar 18. Perbandingan kombinasi dengan saluran G dan saluran H pada polarisasi yang sama dan pengiriman signal yang sama dengan saluran R pada relief datar hingga bergelombang	66
Gambar 19. Perbandingan kombinasi saluran G dan saluran H pada polarisasi yang sama pada relief bergelombang – bergunung	68
Gambar 20. Perbandingan kombinasi saluran G dan saluran H pada polarisasi yang sama pada relief datar – bergelombang	69
Gambar 21. Perbandingan komposit citra pada antar polarisasi pada relief bergelombang – bergunung.	70
Gambar 22. Perbandingan komposit citra pada antar polarisasi pada relief datar – bergelombang.....	71
Gambar 23. Identifikasi struktur antiklinal dan struktur sinklinal.....	72
Gambar 24. Identifikasi struktur sesar pada citra radar	74
Gambar 25. Singkapan perlapisan batugamping dengan arah bidang perlapisan N225°E/18° di Desa Wegil (Koordinat 110°51'12.3" , -6°57'14" , tgl. 28 Okt. 2017).....	75
Gambar 26. Pola aliran yang lurus (E) yang mengindikasikan pola aliran yang dikontrol oleh struktur geologi.....	76
Gambar 27. Contoh identifikasi sesar normal/turun pada citra radar	77
Gambar 28. Contoh identifikasi sesar naik pada citra radar	77
Gambar 29. Contoh identifikasi sesar mendatar pada citra radar	78
Gambar 30. Singkapan batuan sedimen (Perlapisan batupasir kuarsa dengan sisipan batu bara lignit) yang menunjukkan adanya <i>crossbedding</i> (Koordinat No.35: 111°40'30.6" , -6°50'3.5" , tgl. 31 Oktober 2017).....	79
Gambar 31. Interpretasi multi-polarisasi struktur geologi secara visual interaktif.....	81
Gambar 32. Singkapan batupasir Formasi Tawun di Desa Candi dengan bidang perlapisan N039°E/67° , contoh bidang perlapisan dimana lapisan dibawahnya yang lebih lunak sudah tererosi menyisakan bidang lapisan pada batuan yang lebih kompak (koordinat pengamatan No.22: 111°11'2" , -6°55'0.7" , tgl. 30 Oktober 2017) ...	84
Gambar 33. Persebaran penampang melintang yang akan dilakukan rekonstruksi permukaan bumi.....	86

Gambar 34. Penampang melintang pada citra dan rekonstruksi permukaan bumi pada profil 1 dan profil 2 (sumber data pembuatan profil: hasil pengukuran lapangan, peta geologi P3G KESDM, data elevasi dari citra, direkonstruksi oleh Junaedi, T., November 2017)	88
Gambar 35. Penampang melintang pada citra dan rekonstruksi permukaan bumi pada profil 3 dan profil 4 (sumber data pembuatan profil: hasil pengukuran lapangan, peta geologi P3G KESDM, dan data elevasi dari citra, direkonstruksi oleh Junaedi, T., November 2017).	90
Gambar 36. Penampang melintang pada citra dan rekonstruksi permukaan bumi pada Profil 5, Profil 7 dan Profil 8 (sumber data pembuatan profil : hasil pengukuran lapangan, peta geologi P3G KESDM, dan data elevasi dari citra, direkonstruksi oleh Junaedi, T., November 2017).	91
Gambar 37. Penampang melintang pada citra dan rekonstruksi permukaan bumi pada Profil 6 (sumber data pembuatan profil : hasil pengukuran lapangan, peta geologi P3G KESDM, dan data elevasi dari citra, direkonstruksi oleh Junaedi, T., November 2017).	93
Gambar 38. Persebaran penampang line seismik yang akan dibandingkan dengan data hasil interpretasi.....	94
Gambar 39. Penampang melintang Line 79 – PWD – 32W terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	95
Gambar 40. Penampang melintang Line 79-PWD-34S terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	96
Gambar 41. Penampang melintang Line 89-GD-29 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	96

Gambar 42. Penampang melintang Line 87-CPU-04 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	97
Gambar 43. Penampang melintang Line CU – 03 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).....	98
Gambar 44. Penampang melintang Line 87-CPU-06 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	98
Gambar 45. Penampang melintang Line 87 – CPU – 15 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	99
Gambar 46. Penampang melintang Line 87 – CPU – 19 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	100
Gambar 47. Penampang melintang Line 89 – EJ – 45 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	100
Gambar 48. Penampang melintang Line PWD – 31 terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	101
Gambar 49. Penampang melintang Line 89 – EJ – 36D terhadap hasil interpretasi (sumber data seismik dari PPPTMGB Lemigas, seismik diinterpretasi oleh Junaedi, T., November 2017).	102
Gambar 50. Hasil interpretasi struktur geologi secara digital	112
Gambar L- 1. Citra Alos Palsar yang digunakan (Sumber : Alaska Satellite Facility / ASF (https://vertex.daac.asf.alaska.edu/))... - 4 -	
Gambar L- 2. Citra Sentinel 1A yang digunakan (Sumber : Alaska Satellite Facility / ASF (https://vertex.daac.asf.alaska.edu/))... - 9 -	
Gambar L- 3. Aliran proses Level-1	- 10 -
Gambar L- 4. Citra Alos Palsar Polarisasi HH Cekungan Jawa Timur	- 18 -
Gambar L- 5. Citra Alos Palsar Polarisasi HV Cekungan Jawa Timur	- 19 -
Gambar L- 6. Citra Sentinel 1A Polarisasi VV Cekungan Jawa Timur	- 20 -

Gambar L- 7.	Citra Sentinel 1A Polarisasi VV Cekungan Jawa Timur	21 -
Gambar L- 8.	Peta Struktur Geologi Cekungan Jawa Timur.....	22 -
Gambar L- 9.	Peta <i>Closure</i> Cekungan Jawa Timur.....	23 -
Gambar L- 10.	Peta Persebaran Pengamatan Lapangan di Cekungan Jawa Timur.....	24 -
Gambar L- 11.	Peta Pengamatan Lapangan di Cekungan Jawa Timur (1)	25 -
Gambar L- 12.	Peta Pengamatan Lapangan di Cekungan Jawa Timur (2)	26 -
Gambar L- 13.	Peta Pengamatan Lapangan di Cekungan Jawa Timur (3)	27 -
Gambar L- 14.	Peta Perkembangan Struktur Geologi Orde-1 Di Cekungan Jawa Timur.....	28 -
Gambar L- 15.	Peta Perkembangan Struktur Geologi Orde-2 Di Cekungan Jawa Timur.....	29 -
Gambar L- 16.	Peta Perangkap Hidrokarbon di Cekungan Jawa Timur	30 -
Gambar L- 17.	Peta Target Eksplorasi di Cekungan Jawa Timur	31 -
Gambar L- 18.	Bentang lahan Antiklin Kawengan, diambil dari Desa Kedewan (koordinat pengamatan 111°38'10.7" , -7°3'37")	40 -
Gambar L- 19.	Bentang lahan sisi selatan Desa Randublatung (koordinat pengamatan No.13: 111°23'54.5" , -7°11'5.7").....	40 -
Gambar L- 20.	Singkapas batupasir karbonatan Formasi Ngrayong di Desa Tegalsumur dengan bidang perlapisan N078°E/48°, serta struktur geologi berupa sesar dan kekar dengan arah bidang sesar N245°E/55 ; N245°E/65° (koordinat pengamatan No.10: 110°51'27.8" , -7°0'49.8").....	41 -
Gambar L- 21.	Singkapas perlapisan Napal Formasi Mundu di Desa Ngliro dengan bidang perlapisan N080°E/12° (koordinat pengamatan No.14: 111°25'28.1" , -7°5'48.3").....	42 -
Gambar L- 22.	Singkapas batupasir Formasi Ngrayong di Desa Ngampel dengan bidang perlapisan N083°E/45° (koordinat pengamatan No.15: 111°26'19.4" , -6°54'26.5").....	43 -
Gambar L- 23.	Singkapas perlapisan batupasir dan lanau Formasi Ngrayong di Desa Cokrowati dengan bidang perlapisan N305°E/07°, diindikasikan adanya struktur geologi berupa kekar dengan arah bidang kekar N190°N/85°; N210°E/80°;	

- N195°E/80°, di lokasi ini dijumpai struktur sedimen silang
siur/*crossbedding* (insert foto A) dan fosil foraminifera
(insert foto B) (koordinat pengamatan No.19:
111°11'22.9", -6°56'40.8") - 44 -
- Gambar L- 24. Singkapan baupasir kuarsa Formasi Ngrayong di Desa
Gondoriyo dengan bidang perlapisan N068°E/55° (koordinat
pengamatan No.21: 111°11'20.5", -6°55'9.9") - 45 -
- Gambar L- 25. Singkapan batugamping bioklastik Formasi Bulu
mengandung fosil foraminifera (insert foto) di Desa
Tegalrejo dengan arah bidang perlapisan N271°E/14°,
terdapat struktur geologi dengan arah N206°E/60°;
N206°E/80°; N025°E/65° (koordinat pengamatan No.27:
111°5'36.5", -6°58'27.5") - 46 -
- Gambar L- 26. Singkapan napal Formasi Ledok di Desa Tawaran dengan
arah bidang perlapisan N350°E/11°, terdapat struktur
kekar dengan arah bidang kekar N250°E/43° (koordinat
pengamatan No.34: 111°37'11.1", -6°54'25.2") - 47 -
- Gambar L- 27. Singkapan batupasir Formasi Ngrayong di Desa Ngepon
dengan bidang perlapisan N155°E/15°, pada lokasi ini
dijumpai adanya struktur sedimen silang siur/ *crossbedding*
dan laminasi seperti ditunjukkan oleh insert foto (koordinat
pengamatan No.35: 111°40'30.6", -6°50'3.5") - 48 -
- Gambar L- 28. Singkapan batugamping Formasi Lidah di Desa Brangkal
dengan bidang perlapisan N143°E/18° (koordinat
pengamatan No.42: 111°51'11.5", -7°5'20.8") - 49 -
- Gambar L- 29. Singkapan perselingan batupasir dan batulempung Formasi
Wonocolo di Desa Banyu Urip dengan bidang perlapisan
(koordinat pengamatan No.46: 111°41'54.5", -7°3'34.5") - 50 -
- Gambar L- 30. Singkapan batupasir vulkanik Formasi Lidah di Desa
Batokan dengan bidang perlapisan N220°E/26°, pada
lokasi ini dijumpai adanya struktur sedimen silang
siur/*crossbedding* seperti ditunjukkan insert foto
(koordinat pengamatan No.50: 111°37'13.1", -7°7'47.3") - 51 -

- Gambar L- 31. Singkapan batugamping Formasi Bulu di Desa Gadudero dengan bidang perlapisan $N262^{\circ}E/17^{\circ}$, zona sesar dengan arah sesar $N033^{\circ}E/44^{\circ}$; $N008^{\circ}E/49^{\circ}$ (koordinat pengamatan No. 4: $110^{\circ}55'43.7''$, $-6^{\circ}55'43.7''$)..... - 52 -
- Gambar L- 32. Singkapan batupasir Formasi Tawun di Desa Candi dengan bidang perlapisan $N039^{\circ}E/67^{\circ}$, terindikasi terjadi sesar geser hal tersebut ditunjukkan adanya gores garis pada bidang sesar (insert gambar) dengan arah sesar $N125^{\circ}E/68^{\circ}$ (koordinat pengamatan No.22: $111^{\circ}11'2''$, $-6^{\circ}55'0.7''$) - 53 -
- Gambar L- 33. Singkapan batupasir Formasi Lidah di Desa Kedewan dengan arah bidang perlapisan $N125^{\circ}E/28^{\circ}$, indikasi adanya struktur dengan arah sesar/kekar $N190^{\circ}E/72^{\circ}$ (koordinat pengamatan No.52: $111^{\circ}38'24.8''$, $-7^{\circ}2'45.8''$). Pada titik ini diperkirakan pertemuan ujung sayap selatan bagian timur Antiklin Kedewan dan sayap ujung sayang selatan bagian barat Antiklin Kawengan yang dibatasi oleh sesar..... - 54 -
- Gambar L- 34. Singkapan batupasir Formasi Tawun di Desa Candi dengan bidang perlapisan $N039^{\circ}E/67^{\circ}$, contoh bidang perlapisan dimana lapisan dibawahnya yang lebih lunak sudah tererosi menyisakan bidang lapisan pada batuan yang lebih kompak (koordinat pengamatan No.22: $111^{\circ}11'2''$, $-6^{\circ}55'0.7''$) - 55 -

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Karakteristik Data Citra Alos Palsar dan Citra Sentinel 1A	2 -
LAMPIRAN 2: Lembar Kerja Lapangan.....	14 -
LAMPIRAN 3: Lampiran Peta	17 -
LAMPIRAN 4: Lampiran Tabel	32 -
LAMPIRAN 5: Lampiran Foto	39 -