

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
SARI	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Lokasi Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Peneliti Terdahulu	5
1.7. Manfaat Penelitian	9
 BAB II GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN	 10
2.1. Geologi dan Tektonik Regional Cekungan Jawa Timur Utara ..	10
2.2. Stratigrafi Regional	12
2.3. Sistem <i>Petroleum</i>	17
 BAB III KAJIAN PUSTAKA	 23
3.1. Klasifikasi batugamping	23
3.2. Fasies, Mikrofasies dan Lingkungan Pengendapan Batugamping	24
3.3. Klasifikasi Porositas Batugamping	27

3.4. Digenesa batugamping	30
3.5. Sementasi	33
3.6. Zona atau Lingkungan Digenesa Batugamping	38
3.7. Petrofisika Batuan karbonat	43
BAB IV HIPOTESIS DAN METODOLOGI PENELITIAN	59
4.1. Hipotesis	59
4.2. Metode Penelitian	59
4.2.1. Cara Penelitian	60
4.2.1.1. Alat.....	60
4.2.1.2. Bahan	61
4.3. Tahapan Penelitian.....	62
4.4. Prosedur Analisa	66
4.5. Rencana Waktu Penyelesaian	69
BAB V PENENTUAN FASIES, LINGKUNGAN PENGENDAPAN DAN DIAGENESIS	70
5.1. Pengantar.....	70
5.2. Fasies dan Lingkungan Pengendapan	75
5.3. Sekuen Stratigrafi dan Genesa Formasi Kujung.....	88
5.4. Diagenesis Formasi Kujung.....	91
BAB VI HUBUNGAN PROPERTI RESERVOAR, SATURASI AIR DAN LITOLOGI KARBONAT.....	103
6.1. Pendahuluan.....	103
6.2. Penentuan Jenis Lithologi	103
6.3. <i>Volume clay</i>	105
6.4. Porositas	108
6.5. Faktor tortousity (a eksponen)	111
6.6. Faktor sementasi (m eksponen)	112
6.7. Saturasi air (SW).....	115

6.8. Hubungan Fasies (Lingkungan Pengendapan) dan Diagenesa Formasi Kujung-1.....	119
6.9. Pengaruh diagenesa terhadap porositas batuan karbonat Formasi Kujung-1	124
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	133
7.1. Kesimpulan	133
7.2. Saran	134
DAFTAR PUSTAKA	135
LAMPIRAN	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Lokasi daerah penelitian dilihat dari citra Google Earth)	4
Gambar 2.1.	Kerangka Tektonik Regional Cekungan Jawa Timur Utara (Mujdiono & Pireno, 2001 dengan modifikasi).	11
Gambar 2.2.	Elemen Struktur sekitar daerah telitian (Johansen, 2003 dengan modifikasi)	12
Gambar 2.3.	Stratigrafi Regional Cekungan Jawa Timur Utara (Mujdiono & Pireno, 2001)	13
Gambar 2.4.	Model kematangan batuan induk pada daerah sub cekungan Central Deep. Gradien geothermal diasumsikan sebesar 1.8 derajat F per 100ft (Mujdiono & Pireno, 2001)	18
Gambar 2.5.	Interpretasi distribusi kitchen area dan jalur migrasi hidrokarbon ke North Madura Platform Cekungan Jawa Timur Utara (Mujdiono & Pireno, 2001)	19
Gambar 2.6.	Rekonstruksi jalur seismic untuk menunjukan konfigurasi struktural dan distribusi kematangan batuan induk (Mujdiono & Pireno, 2001)	19
Gambar 3.1.	Klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962).	23
Gambar 3.2.	Standar Karbonat Fasies menurut Wilson (1975)	27
Gambar 3.3.	Klasifikasi tipe porositas menurut Choquette & Pray (1970) (mod.)	28
Gambar 3.4.	Lingkungan diagenesa batugamping menurut Moore (2001)....	39
Gambar 3.5	Respon Gamma Ray secara umum terhadap variasi fasies pengendapan batuan karbonat (Kendall, 2004).	45
Gambar 3.6.	Stacking pattren batuan karbonat kaitannya dengan sikuen stratigrafi saat kondisi lowstand carbonate stackin (Kendall, 2004).....	46

Gambar 3.7. <i>Stacking pattren</i> batuan karbonat kaitannya dengan sikuen stratigrafi saat kondisi transgressive (transgressive carbonate stacking) (Kendall, 2004).....	46
Gambar 3.8. <i>Stacking pattren</i> batuan karbonat kaitannya dengan sikuen stratigrafi saat kondisi highstand (highstand carbonate stacking) (Kendall, 2004).....	47
Gambar 3.9. Ilustrasi <i>tortuosity factor</i> yang merupakan perbandingan antara panjang lintasan sesungguhnya dengan panjang lintasan total pada suatu media yang berpori	53
Gambar 3.10. <i>Crossplot</i> FRF vs PHIT untuk mengetahui nilai eksponen “a” pada zona jenuh air. a) fasies moldic limestone pada karbonat reservoir timur tengah dengan nilai a adalah 1,4 dan nilai m bertambah sebanding penambahan nilai porositas (Focke dan Munn, 1987). b) batugamping Formasi Baturaja dengan nilai a sebesar 0,671 (Marom, 2016)..	54
Gambar 3.11. Hubungan antara tipe porositas dan nilai m (Asquith, 1985)....	55
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian	65
Gambar 5.1. Log elektrik Sumur MSM3 sebagai salah satu data penelitian reservoir batugamping Formasi Kujung-1 dengan pola cylindrical atau <i>blocky</i>	71
Gambar 5.2. Log sumur penelitian dengan distribusi sampel <i>cuttings</i> menunjukkan perbedaan fasies setelah dilakukan analisis petrografi meskipun kurva GR menunjukkan pola <i>blocky</i> (Lampiran II).....	72
Gambar 5.3. Sayatan petrografi MSM1 3020-3030 fasies <i>Larger Foraminifera-Planktic Foraminifera Bioclastic Wackestone</i> (FL1) pada Sumur MSM1	77
Gambar 5.4. Sayatan petrografi MSM3 3840-3855 <i>Algae Bioclastic wackestone</i> , MSM3 3960-3975 <i>Algae Bioclastic mudstone</i> (FL2) pada Sumur MSM3.....	78
Gambar 5.5. Sayatan petrografi MSM2 2730-2740 <i>Large foraminifera Bioclastic mudstone</i> , MSM2 3020-3030 <i>Large foram Bioclastic wackestone</i> , MSM3 3450-3465 <i>Large foram Bioclastic</i>	

- wackestone*, MSM1 3320-3330 fasies *Red Alga-Lg foram Bioclastic wackestone packstone*..... 80
- Gambar 5.6. Sayatan petrografi MSM1 3840-3850 *Coral wackestone*, MSM2 3240-3250 fasies *Coral floatstone with Bioclastic wackestone packstone* (FL4) pada Sumur MSM1 dan Sumur MSM2 83
- Gambar 5.7. Sayatan petrografi MSM1 3750-3760 *planktic foram bioclastic mudstone*, MSM2 2670-2680 *planktic foram bioclastic wackestone* (FL5) pada sumur telitian MSM1 dan MSM2 86
- Gambar 5.8. Sayatan petrografi MSM4 3975-3990 *Dolomitized packedstone*, MSM2 2990-3000 fasies *BioclasticMudstone-Grainstone with Dolostone*, MSM2 3100-3110 fasies *Dolomitized Bioclastic Mudstone Wackestone* (FL6) pada sumur telitian MSM2 dan MSM4 87
- Gambar 5.9. Mikritisasi menghasilkan produk spar berupa mikrit, mikritisasi pada Formasi Kujung-1 juga diikuti proses neomorfisme dan sementasi. (A) sampel MSM3 3810-3825. (B) sampel MSM1 3610-3620 94
- Gambar 5.10. Contoh neomorfisme Formasi Kujung-1 pada sampel penelitian. (A) sampel MSM1 3840-3850, semen karbonat yang membentuk Mozaik (Mz) pada grain,dan *drussy* (Ds) semen serta *microspar* (Ms) sebagai produk neomorfisme. (B) detil SEM menunjukkan neomorfisme dari semen karbonat dan *grain* menjadi micrite dan kalsit spar. (C) sampel MSM2 2510-2520, *microspar* sebagai hasil neomorfisme dari semen karbonat. (D) Mozaik semen berkembang pada dalam cangkang dan *microspar* diluar cangkang sebagai hasil neomorfisme 95
- Gambar 5.11. Porositas sekunder sebagai produk dari proses disolusi pada sampel penelitian. (A) disolusi pada cangkang menghasilkan porositas *mollic* (Mol) pada sampel MSM1 3570-3580. (B-C) sampel MSM3 3450-3465, pelarutan pada interpartikel menghasilkan porositas sekunder *Vuggy* (vug), Nampak jauh dan dekat pada sayatan tipis nikol sejajar. (D-E) sampel MSM1 3050-3060, *microspar* kalsit yang mengalami proses dissolusi, SEM menunjukkan pori *vuggy* yang memiliki

- interkoneksi buruk. (F) sampel MSM2 3100-3110, SEM menunjukkan pori vug yang sebagian tersementasi oleh kalsit. 96
- Gambar 5.12. Dolomit Sebagai produk dolomitisasi. (A) kenampakan dolomit dalam sayatan tipis pembesaran jauh sampel MSM3 3600-3615. (B) SEM MSM2 3150-3160, terlihat porositas dengan semen dolomit yang utama. (C) kenampakan dolomit dalam pembesaran dekat sayatan tipis sampel MSM2 2990-3000..... 97
- Gambar 5.13. Kenampakan rekahan hasil proses *fracturing* (A) rekahan yang menambah nilai porositas. (B) rekahan yang terisi oleh semen karbonat. (C) rekahan menambah nilai porositas pada kelimpahan *grain* yang berbeda..... 98
- Gambar 5.14. Zona *Freshwater phreatic* dicirikan oleh proses sementasi, neomorfisme dan dissolusi. (A) sampel MSM1 3840-3850, semen karbonat yang membentuk Mozaik (Mz) pada grain, dan drussy (Ds) semen serta *microspar* (Ms) sebagai produk diagenesa. (B) SEM MSM2 2650-2660, terlihat porositas *vuggy* (Vug) sebagian dan hamper seluruhnya mengalami sementasi oleh Kalsit. (C) sementasi berupa *blocky* (BC) kalsit, dan *syntaxial rim*. (D) dissolusi yang berkembang menghasilkan porositas sekunder atau *vuggy* (Vug) 100
- Gambar 5.15. Zona *marine phreatic* dicirikan dengan produk semen *isophagus fibrous*, dan adanya proses mikritisasi. (A) sampel MSM1 3570-3580ft, *micrite* (Mic) *microspar* (MS) hasil neomorfisme, porositas *moldic* (Mol) dan *vuggy* (Vug). (B) detail SEM terlihat perkembangan *microspar* bersamaan dengan mikrit. (C) *micrite* (Mic), *isophagus fibrous* (Iso), *microspar* (MS), *Drussy* (Ds) / *Mozaic* (Mz). (D) sampel MSM3 3525-3540, *isophagus* semen (Iso), dengan *micrite* (Mic) yang berkembang 101
- Gambar 5.16. Zona *Mixing* dicirikan dengan adanya proses dolomitisasi. (A-B) sampel MSM2 depth 3150-3160ft, Dolomit (Dol) dengan *intercrystalline porosity* dan kenampakan *microspar* (MS). (C-D) sampel MSM2 3100-3110ft, kenampakan dolomit (Dol) disebelah *syntaxial rim* (SR) dan *vuggy*

<i>porosity</i> (Vug). (E) nikol silang sayatan sampel MSM3, dolomit (Dol) mendominasi medan pandang dengan porositas <i>intercrystalline</i>	102
Gambar 6.1. Mud log pada Sumur MSM3 menunjukkan dominan litologi batugamping dengan berbagai deskripsi sebagai penyusun formasi, kurva merah menunjukkan kandungan gas hidrokarbon yang terdeteksi pada saat pemboran	104
Gambar 6.2. Crossplot nilai pada log densitas dan neutron yang menunjukkan matriks dominan penyusun formasi reservoir adalah kalsit.....	105
Gambar 6.3. Hasil Analisis Porositas pada Sumur MSM3 (Lampiran VI)...	110
Gambar 6.4. Perbandingan nilai porositas berdasarkan analisa petrografi atau visible porosity (x) dan perhitungan porositas total (y)....	110
Gambar 6.5. Crossplot FRF vs PHIT pada MSM3 3410-3470 zona jenuh air untuk mengetahui nilai eksponen a Formasi Kujung-1. Nilai eksponen a adalah 0.971.....	112
Gambar 6.6. Kenampakan masing masing kelompok tipe porositas pada sayatan tipis Sumur MSM3 (atas) dan Sumur MSM4 (bawah).....	114
Gambar 6.7. Perbandingan perhitungan nilai kejenuhan air setiap metode pada Formasi Kujung-1 pada Sumur MSM3.	117
Gambar 6.8. Diagram ragkuman tingkatan tahapan proses diagenesa terhadap perkembangan porositas batuan (reservoir) Karbonat Formasi Kujung-1 lapangan”MSM’	132

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Morfologi semen karbonat serta intrepertasi yang bisa diambil dari kehadirannya (Flugel,2004 dengan modifikasi).	35
Tabel 3.2. Lingkungan diagenesa beserta proses yang berperan (Flugel,2004 dengan modifikasi).....	43
Tabel 3.3. Nilai densitas dari berbagai batuan yang umum dijumpai (Asquith dan Gibson, 1982)	50
Tabel 3.4. Klasifikasi nilai kualitas reservoir (Harsono, 1997).....	52
Tabel 3.5. Tabulasi tipe pori dan rumusan “m” (Asquith, 1985)	55
Tabel 4.1. Data sumur yang digunakan dalam penelitian	61
Tabel 4.2. Rencana Waktu Pelaksanaan	69
Tabel 5.1. Diagenesa yang terjadi pada batugamping Formasi Kujung-1 daerah penelitian	92
Tabel 6.1. Rangkuman nilai volume lempung Formasi Kujung-1 pada Sumur MSM3 dan Sumur MSM4.	107
Tabel 6.2. Rangkuman hasil perhitungan porositas Formasi Kujung-1 pada Sumur MSM3 dan Sumur MSM4.	109
Tabel 6.3. Rangkuman nilai m ekponen pada setiap kelompok tipe pori kedalaman tertentu pada Sumur MSM3 dan Sumur MSM4	113
Tabel 6.4. Hasil perhitungan saturasi air (Sw) rata-rata pada Formasi Kujung-1 Sumur MSM3 dan Sumur MSM4 Lapangan MSM.	115
Tabel 6.5. Hasil perbandingan saturasi air (Sw) detil pada Formasi Kujung-1 sumur MSM3 dan MSM4 berdasarkan kualitas porositas batuan.	116
Tabel 6.6. Rangkuman perhitungan porositas pada setiap kelompok Diagenesis pada daerah penelitian.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.A. Petrografi MSM1.	140
Lampiran 1.B. Petrografi MSM2.	178
Lampiran 1.C. Petrografi MSM3.	211
Lampiran 1.D. Petrografi MSM4.	255

Tidak Dalam Jilid :

Lampiran II. A (Tabulasi Analisa Fasies Sumur MSM1)	
Lampiran II. B (Tabulasi Analisa Fasies Sumur MSM3)	
Lampiran II. C (Tabulasi Analisa Fasies Sumur MSM3)	
Lampiran II. D (Tabulasi Analisa Fasies Sumur MSM4)	
Lampiran III. A (Tabulasi Fasies, Lingkungan Pengendapandan Sekuen Stratigrafi Sumur MSM1)	
Lampiran III. B (Tabulasi Fasies, Lingkungan Pengendapandan Sekuen Stratigrafi Sumur MSM2)	
Lampiran III. C Tabulasi Fasies, Lingkungan Pengendapandan Sekuen Stratigrafi Sumur MSM3)	
Lampiran III. D (Tabulasi Fasies, Lingkungan Pengendapandan Sekuen Stratigrafi Sumur MSM4)	
Lampiran IV. A (Tabulasi Analisa Diagenesa Sumur MSM1)	
Lampiran IV. B (Tabulasi Analisa Diagenesa Sumur MSM2)	
Lampiran IV. C (Tabulasi Analisa Diagenesa Sumur MSM3)	
Lampiran IV. D (Tabulasi Analisa Diagenesa Sumur MSM4)	
Lampiran V. A (Tabulasi Log Volume lempung (Vsh) Sumur MSM3)	
Lampiran V. B (Tabulasi Log Volume lempung (Vsh) Sumur MSM4)	

Lampiran VI. A (Tabulasi Log Porositas Sumur MSM3)

Lampiran VI. B (Tabulasi Log Porositas Sumur MSM4)

Lampiran VII. A (Tabulasi Log Saturasi Air (Sw) Sumur MSM3)

Lampiran VII. B (Tabulasi Log Saturasi Air (Sw) Sumur MSM4)

Lampiran VIII. A (Tabulasi Lingkungan pengendapan - Diagenesa Sumur MSM1)

Lampiran VIII. B (Tabulasi Lingkungan pengendapan - Diagenesa Sumur MSM2)

Lampiran VIII. C (Tabulasi Lingkungan pengendapan - Diagenesa Sumur MSM3)

Lampiran VIII. D (Tabulasi Lingkungan pengendapan - Diagenesa Sumur MSM4)

Lampiran IX. A (Tabulasi Hubungan Fasies, Diagenesa, dan Analisa Petrofisik
Sumur MSM3)

Lampiran IX. B (Tabulasi Hubungan Fasies, Diagenesa, dan Analisa Petrofisik
Sumur MSM4)