UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

	Hal
JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
GLOSSARY	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	3
I.3. Maksud Penelitian	3
I.4. Tujuan Penelitian	4
I.5. Batasan Penelitian	4
I.6. Manfaat Penelitian	4
I.7. Nilai Kebaruan Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS	6
II.1. Tinjauan Umum Reservoir Batupasir	6
II.1.1. Batupasir	6
II.1.2. Sifat petrofisika reservoar	7
II.2. Mineral Konduktif pada Reservoar Batupasir	9
II.2.1. Jenis-jenis mineral konduktif	9
II.2.2. Lingkungan dijumpainya mineral konduktif	11
II.2.3. *Provenance* mineral konduktif	16
II.2.4. Karakteristik dan genesa mineral konduktif	18
II.2.5. Mineral konduktif pada reservoar di Indonesia	29
II.3. Resistivitas Reservoar dan Saturasi	29
II.3.1. Resistivitas reservoar dan log resistivitas	29
II.3.2. Parameter yang mengontrol resistivitas reservoar	32
II.3.3. Reservoar resistivitas rendah	34
II.3.4. Resistivitas mineral konduktif	35
II.3.5. Saturasi fluida	36
II.4. Penelitian Terkait Resistivitas Reservoar	37
II.4.1. Resistivitas non-konduktif (model Archie 1942)	37
II.4.2. Reservoar konduktif	41
II.5. Landasan Teori	50
II.5.1. Sifat kelistrikan material	50
II.5.2. Regresi dan korelasi	55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

II.6. Hipotesis 57

BAB III. METODE PENELITIAN 59
III.1. Data dan Variabel Penelitian 59
III.2. Geometri Sampel 62
III.3. Alat dan Bahan Penelitian 63
III.4. Tahapan Penelitian 68
III.5. Metode Pengukuran Data dan Kalibrasi 71
III.6. Metode Analisis Data 81

BAB IV. HASIL PENELITIAN 85
IV.1. Karakteristik Sampel 85
IV.2. Pengaruh Mineral Konduktif terhadap Nilai Rt 92
IV.3. Nilai Ambang Batas 110
IV.4. Sensifitas Kondisi Reservoar 113
IV.5. Faktor Koreksi Resistivitas 116
IV.6. Penentuan Saturasi Air (Sw) Terkoreksi 119

BAB V. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN 124
V.1. Metode Pengukuran Resistansi 124
V.2. Pola Penurunan Nilai Rt 127
V.3. Pengujian Koefisien Korelasi 135
V.4. Ambang Batas dan Titik Setimbang 136
V.5. Pengaruh Parameter Reservoar 137
V.6. Penentuan Faktor Koreksi Resistivitas 139
V.7. Penentuan Saturasi Air (Sw) Terkoreksi 140

BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI 142
VI.1. Kesimpulan 142
VI.2. Rekomendasi 143
DAFTAR PUSTAKA 144
LAMPIRAN 154

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2.1.	Penyebaran reservoar batupasir di dunia, ditandai oleh daerah yang berwarna merah (Ehrenberg *and* Nadeau, 2005).	6
Gambar 2.2.	Kondisi reservoar yang memiliki pori dengan kandungan multi fluida (Dewan, 1983).	9
Gambar 2.3.	Pembagian lebih detil secara petrografi untuk pasir yang berhubungan dengan busur magmatik, vv: *volcanic vitric sand*, vp/vk: *volcanic-lithic sand* (p *plagioclas feldspar* & k K-*feldspar*), lp/lk: *litho-felsdpathic sand* (p *plagioclas feldspar* & k K-*feldspar*), F: *feldspar*, Q: *quartz*. TE: *Trailing-Edge*, SS: *Strike Slip*, BA: *back arc* (*island/oceanic arc*), CA: *Continental margin Arc*, FA: *fore arc* (*island/oceanic arc*), (Maynard *et al.,* 1982).	18
Gambar 2.4.	Kristal pirit (Bishop *et al*., 2005).	19
Gambar 2.5.	Kristal pirit pada sayatan tipis (Scholle, 1979)	20
Gambar 2.6.	Kristal hematit (Bishop *et al*., 2005)	21
Gambar 2.7.	Gambar atas adalah kenampakan hematit sebagai *oolitic coating* dan gambar bawah adalah kenampakan hematit sebagai semen (Scholle, 1979).	22
Gambar 2.8.	Kenampakan kristal magnetit (Bishop *et al*., 2005)	23
Gambar 2.9.	Kenampakan kristal magnetit (Scholle, 1979)	23
Gambar 2.10.	Kenampakan glaukonit pada batulempung (Bishop *et al*., 2005)	25
Gambar 2.11.	Mineral glaukonit sebagai semen pada batupasir (Scholle, 1979)	25
Gambar 2.12.	Mineral glaukonit sebagai detrital pada batupasir (Scholle,1979)	26
Gambar 2.13.	Kristal siderit (Bishop *et al*., 2005)	27
Gambar 2.14.	Kristal siderit yang berukuran halus di bawah mikroskop (Scholle, 1979)	27
Gambar 2.15.	Kristal siderite halus sebagai semen (Scholle, 1979).	28
Gambar 2.16.	Terminologi resistivitas yang berbeda pada masing-masing zona yang terjadi karena adanya invasi lumpur pemboran (Dewan, 1983).	30
Gambar 2.17.	Ilustrasi percobaan Archie (*vide* Dewan, 1983).	38
Gambar 2.18.	Efek kehadiran material konduktif pada *core* batupasir formasi Steven terhadap indeks resistivitas dan hubungannya dengan nilai saturasi fluida yang	42

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

menunjukkan hubungan eksponensial (Patnode *and* Wyllie, 1950).

Gambar 2.19. Perbandingan konduktifitas total antara sampel tersaturasi (Co) terhadap konduktifitas air formasi (Cw). Sampel dengan kandungan pirit tinggi (gambar 2.21. bawah) mempunyai tambahan konduktifitas dibandingkan dengan gambar 2.21 atas yang kandungan piritnya lebih kecil (Clavier *et al*., 1976). 43

Gambar 2.20. Model konduksi gabungan pada sampel batupasir yang mengandung mineral konduktif (Clavier *et al*., 1976). 44

Gambar 2.21. Diagram plot oleh Givens (1987) yang menunjukkan hubungan antara resistivitas reservoar dan saturasi air untuk *core* yang mengandung material konduktif. 45

Gambar 2.22. Komparasi perhitungan indeks resistivitas pada sampel yang non-konduktif (dengan rumusan Archie) dengan sampel yang mengandung matriks konduktif (persamaan CRMM) menunjukkan adanya penurunan indeks resistivitas yang signifikan pada model reservoar dengan matriks konduktif (Givens, 1987). 46

Gambar 2.23. Berbagai kemungkinan posisi mineral konduktif (bulatan merah) diantara butiran (bulatan biru) dalam suatu sampel batupasir (Givens, 1950). 46

Gambar 2.24. Perbandingan indeks resistivitas antara model Archie (*clean-non conductive*), Waxman-Smith (*shaly sand*) dan Givens (*conductive matriks*) oleh Herrick (1988). Pada model *shaly sand* dan CRMM nampak bahwa indeks resistivitas mengalami penurunan secara eksponensial. 47

Gambar 2.25. Perbedaan faktor yang mempengaruhi konduktifitas total (Ct) sampel batupasir. Konduktifitas matriks reservoar (Cr) hanya berlaku pada model CRMM dan tidak dijumpai pada model yang lain (Herrick, 1988). 47

Gambar 2.26. Hasil pengukuran resistivitas vs volume pirit (Prayitno dkk., 2001). 48

Gambar 2.27. Hubungan antara volume pirit dan frekuensi dengan penurunan nilai resistivitas batuan yang tidak terkonsolidasi (Tew, 2015). 49

Gambar 2.28. Hubungan antara volume pirit dan frekuensi dengan penurunan nilai resistivitas batuan yang tidak terkonsolidasi (Tew, 2015). 50

Gambar 2.29. Skema pengukuran resistitivitas suatu sampel (Telford *et al*., 1990). 52

Gambar 3.1. Contoh plot grafis untuk mengetahui sensivitas masing-masing variabel terhadap nilai Rt. 61

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.2.	Contoh *pseudocore* yang digunakan dalam penelitian. Panjang *pseudocore* 0, 2 m dan diameternya 0, 0381 m.	62
Gambar 3.3.	Berbagai macam alat penelitian.	64
Gambar 3.4.	Kenampakan kristal pirit yang berasal dari Selogiri, Wonogiri.	65
Gambar 3.5.	Serbuk mineral hematit sebagai bahan pembuatan batupasir-hematit.	66
Gambar 3.6.	Serbuk mineral magnetit yang berasal dari Pantai Glagah, Kulonprogo sebagai bahan pembuatan *pseudocore* batupasir-magnetit.	66
Gambar 3.7.	Konkresi dan nodul siderit, dijumpai pada batupasir Formasi Nanggulan yang berumur Eosen.	67
Gambar 3.8.	Singkapan batupasir glaukonit di daerah Dologan yang menunjukkan warna segar hijau abu-abu, tersusun oleh butiran pasir berukuran sedang – halus. Ketebalan batupasir glaukonit sekitar 20 – 50 cm dan berada diantara batugamping pasiran setebal 10 cm.	68
Gambar 3.9.	Diagram alir penelitian.	70
Gambar 3.10.	Sistematika pengukuran resistansi menurut Rust (1952).	71
Gambar 3.11.	Sistematika pengukuran resistansi menurut Zaafran *and* Totonji (1980).	72
Gambar 3.12.	Sistematika pengukuran resistansi menurut Donaldson *and* Sutterfield (1981).	72
Gambar 3.13.	Sistematika pengukuran resistansi menurut Dolka (1981).	72
Gambar 3.14.	Skema pengukuran resistitivitas suatu sampel (Telford *et al*., 1990).	73
Gambar 3.15.	Metode pengukuran indeks resistivitas yang dipengaruhi oleh jarak antara *electrode probe*. Semakin jauh jarak elektrode maka pembacaan nilai resistivitasnya semakin kecil (Mahmood *et al*., 1991).	74
Gambar 3.16.	Skema pengukuran geolistrik, (a) Wenner, (b) Schumberger, (c) Pole-dipole, (d) Double-dipole, (Telford *et al*., 1990).	75
Gambar 3.17.	Katalog pembacaan nilai Rw untuk tiap nilai salinitas, (Schlumberger, 1997). Pada suhu kamar (25o C), air formasi dengan salinitas 20,000 ppm akan memberikan Rw 0,3 ohm.m.	77
Gambar 3.18.	Skema pengukuran resistivitas *pseudocore*.	80
Gambar 3.19.	Susunan alat pengukuran resistivitas *pseudocore*.	80
Gambar 3.20.	Faktor koreksi terhadap efek pirit pada beberapa tipe alat logging untuk reservoar dengan Sw 100% air dan	83

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Rw 0,25 ohm.m (Clavier *et al*., 1976).

Gambar 3.21. Faktor koreksi terhadap efek pirit pada beberapa tipe alat *logging* untuk reservoar yang berisi hidrokarbon (Clavier et al., 1976). 84

Gambar 3.22. Pola penambahan konduktifitas menunjukkan suatu hubungan yang eksponensial untuk setiap frekuensi arus yang digunakan (Clavier et. al. 1976). 84

Gambar 4.1. Kenampakan sampel batupasir yang mengandung pirit pada sayatan tipis. Pada foto bagian atas (A dan C) yang diamati dengan mikroskop polarisasi (perbesaran 40x), pirit (P) nampak sebagai mineral opak berwarna hitam dengan bentuk menyudut diantara mineral kuarsa (Q). Pada bagian bawah (B dan D) pengamatan mikroskop refleksi (perbesaran 40x), pirit nampak khas dengan kilap logam. 85

Gambar 4.2. Hasil analisis XRD pada serbuk sampel mineral pirit dari Selogiri, sebagai bahan campuran *pseudocore* batupasir yang mengandung pirit. 86

Gambar 4.3. Kenampakan sampel batupasir yang mengandung hematit. Pada foto bagian atas (diamati dengan mikroskop polarisasi, perbesaran 40x), hematit (H) nampak sebagai matriks (berwarna merah kecoklatan) diantara butiran kuarsa (Q) yang berwarna abu-abu keputihan. Pada bagian bawah (pengamatan mikroskop refleksi, perbesaran 40x), hematit nampak khas dengan warna merah tanah. 87

Gambar 4.4. Hasil analisis XRD pada serbuk sampel mineral hematit sebagai bahan campuran *pseudocore* batupasir yang mengandung hematit. 88

Gambar 4.5. Kenampakan sampel batupasir yang mengandung magnetit. Pada foto bagian atas (diamati dengan mikroskop polarisasi), magnetit (M) nampak sebagai mineral opak berwarna hitam diantara butiran kuarsa (Q) yang berwarna putih. Pada bagian bawah (pengamatan mikroskop refleksi), magnetit nampak berwarna coklat kehitaman dengan kilap logam dan berbentuk *uneven*. 89

Gambar 4.6 Hasil analisis XRD pada serbuk sampel mineral magnetit dari Kulonprogo, menunjukkan adanya beberapa campuran mineral lain seperti pirit dan plagioklas. 89

Gambar 4.7. Sayatan tipis (perbesaran 10x) sampel *pseudocore* yang berupa batupasir mengandung siderit. Foto bagian kiri (A) adalah sayatan tipis tanpa *blue dye* dan foto bagian kanan (B) adalah sayatan yang diberi *blue dye*. Siderit 90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(panah putih) dijumpai diantara kuarsa dan terdapat *impurities* mineral bijih (panah merah) yang kemungkinan adalah pirit dalam jumlah yang sedikit.

Gambar 4.8. Hasil analisis XRD dari sampel yang mengandung siderit. 91

Gambar 4.9. Foto sayatan tipis dengan perbesaran 10x dari sampel *pseudocore* yang berupa batupasir glaukonit. Foto bagian kiri (A) adalah sayatan tipis tanpa *blue dye* dan foto bagian kanan (B) adalah sayatan yang diberi *blue dye*. Glaukonit (panah coklat) dijumpai diantara kuarsa dan terdapat *impurities* mineral bijih (panah merah) dalam jumlah yang minor. 91

Gambar 4.10. Hasil analisis XRD pada sampel batupasir glaukonit dari Japah, Blora. Selain mineral glaukonit yang melimpah, dijumpai juga mineral lain yaitu kaolinit. 92

Gambar 4.11. Data pengukuran Rt serta pola hubungannya dengan volume pirit dan Sw. 94

Gambar 4.12. Data pengukuran Rt serta pola hubungannya dengan volume hematit dan Sw. 96

Gambar 4.13. Grafik hasil ekstrapolasi hubungan antara volume kandungan hematit dengan Rt, untuk setiap kenaikan hematit sebanyak 2%. 98

Gambar 4.14. Data pengukuran Rt serta pola hubungannya dengan volume magnetit dan Sw. 100

Gambar 4.15. Grafik hasil ekstrapolasi hubungan antara volume kandungan magnetit dengan Rt, untuk setiap kenaikan magnetit sebanyak 2%. 102

Gambar 4.16. Data pengukuran Rt serta pola hubungannya dengan volume siderit dan Sw. 104

Gambar 4.17. Grafik hasil ekstrapolasi hubungan antara volume kandungan siderit dengan Rt, untuk setiap kenaikan siderit sebanyak 2%. 105

Gambar 4.18. Data pengukuran Rt serta pola hubungannya dengan volume glaukonit dan Sw. 107

Gambar 4.19. Grafik hasil ekstrapolasi hubungan antara volume kandungan glaukonit dengan Rt, untuk setiap kenaikan glaukonit sebanyak 2%. 109

Gambar 4.20. Hubungan antara kenaikan Rt1 tiap 0,5 ohm.m terhadap penurunan Sw1 (simulasi-1). Hubungan keduanya adalah eksponensial dan saat Sw1 berada pada batas kontak (55%) Rt1 berada di 6 ohm.m. 111

Gambar 4.21. Hubungan antara penurunan Sw2 tiap 0,05 terhadap kenaikan Rt2 (simulasi-2), yang menunjukkan hubungan eksponensial. Nilai Rt2 saat Sw2 mencapai batas kontak 112

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(55%) adalah 6 ohm.m.

Gambar 4.22. Hubungan antara Rt dengan salinitas. 114

Gambar 4.23. Hubungan antara Rt dengan suhu. 114

Gambar 4.24. Hubungan antara Rt dengan porositas. 115

Gambar 4.25. Grafik faktor koreksi resistivitas untuk mineral pirit, pada kondisi reservoar dengan salinitas 20.000 ppm, phi 40% dan suhu 25^{o}C. 117

Gambar 4.26. Grafik faktor koreksi resistivitas untuk mineral hematit, pada kondisi reservoar dengan salinitas 20.000 ppm, phi 40% dan suhu 25^{o}C. 117

Gambar 4.27. Grafik faktor koreksi resistivitas untuk mineral magnetit, pada kondisi reservoar dengan salinitas 20.000 ppm, phi 40% dan suhu 25^{o}C. 118

Gambar 4.28. Grafik faktor koreksi resistivitas untuk mineral siderit, pada kondisi reservoar dengan salinitas 20.000 ppm, phi 40% dan suhu 25^{o}C. 118

Gambar 4.29. Grafik faktor koreksi resistivitas untuk mineral glaukonit, pada kondisi reservoar dengan salinitas 20.000 ppm, phi 40% dan suhu 25^{o}C. 119

Gambar 4.30. Penggunaan grafik Rt vs volume mineral konduktif untuk estimasi Sw terkoreksi. 120

Gambar 4.31. Konversi grafik Rt dari salinitas 20.000 ke 30.000 ppm. 122

Gambar 4.32. Plot Rta (4 ohm.m) dan volume pirit 15%, (pada salinitas 30.000 ppm, suhu 25^{0} C dan porositas 0,40). 123

Gambar 5.1. Skema pengukuran resistivitas *pseudocore* dengan *current electrode probe* berbentuk sama dengan penampang sampel dan *potential electrode probe* berbentuk jarum yang dimasukkan sepanjang diameter sampel. Disain jarak masing-masing *electrode probe* adalah 1/3 dari panjang sampel total. 127

Gambar 5.2. Perbandingan hasil penelitian efek pirit terhadap nilai Rt (gambar kanan) dengan penelitian sejenis (gambar kiri) yang dilakukan oleh Prayitno dkk. (2001). 130

Gambar 5.3. Pengaruh kehadiran mineral konduktif terhadap Rt untuk berbagai jenis mineral. Secara umum semua mineral konduktif tersebut menurunkn nilai Rt secara eksponensial, namun masing-masing memberikan perbedaan pengaruh. Pengaruh yang paling signifikan secara berturut-turut adalah siderit, magnetit, hematit, pirit dan glaukonit. 132

Gambar 5.4. Hubungan antara resistvitas dengan salinitas, gambar kiri adalah hasil penelitian dan gambar kanan adalah dari 137

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tew (2015).

Gambar 5.5. Pengaruh perubahan suhu terhadap nilai Rt. Kiri atas adalah hasil penelitian dan yang kanan atas dari Kummerow *and* Raab (2015), sedangkan yang bawah adalah dari Dolka (1981). Keempat hasil penelitian mempunyai kesamaan yaitu membentuk hubungan eksponensial. 138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1.1.	Reservoar batupasir di Indonesia dengan kandungan mineral konduktif (Atkinson *et al*., 1993)	2
Tabel 2.1.	Pembagian klas batuan sedimen kaya besi (Dimroth, 1979 *in* Walker, 1992)	12
Tabel 2.2.	Fitur utama fasies *iron-formation* (James, 1992 *vide* Boggs, 2009)	13
Tabel 2.3.	Komposisi kimia fasies sedimenter *iron-formation* (Eichler, 1976 *vide* Boggs, 2009)	14
Tabel 2.4.	Hasil studi *provenance* pasir di dasar samudera modern (Dickinson *and* Valloni, 1980)	17
Tabel 2.5.	Komposisi kimia rata-rata (dalam %) batupasir dari tatanan tektonik berbeda (Bathia, 1983)	18
Tabel 2.6.	Perbandingan genesa beberapa mineral konduktif (Bishop *et al*., 2005; Rogers, 1937; Scholle, 1979)	28
Tabel 2.7.	Klasifikasi alat *logging* resistivitas (Dewan, 1983)	31
Tabel 2.8.	Resistivitas elektrik (ohm.m) beberapa batuan dan mineral (Parasnis, 1986)	36
Tabel 2.9.	Nilai resistivitas dari beberapa mineral konduktif	36
Tabel 3.1.	Data yang diukur dalam penelitian	59
Tabel 3.2.	Variasi dari masing-masing variabel	61
Tabel 3.3.	Perhitungan material pasir kuarsa total untuk membuat sampel *pseudocore*	63
Tabel 3.4.	Perhitungan komposisi kuarsa dan mineral konduktif	63
Tabel 3.5.	Hasil pengukuran Rw pada salinitas 20.000 ppm dengan berbagai metode	78
Tabel 3.6.	Perbandingan hasil pengukuran metode Wenner, Hukum Ohm dan modifikasinya (dengan tambahan konstanta)	78
Tabel 3.7.	Hasil pengukuran Rw pada salinitas yang berbeda dengan metode modifikasi	79
Tabel 4.1.	Perhitungan resistivitas sampel mengandung pirit (ρ dalam ohm.m)	93
Tabel 4.2.	Persamaan garis penurunan Rt untuk tiap Sw pada sampel dengan pirit	94
Tabel 4.3.	Prosentase penurunan Rt karena pengaruh pirit	95
Tabel 4.4.	Perhitungan resistivitas sampel mengandung hematit (ρ dalam ohm.m)	95
Tabel 4.5.	Persamaan garis untuk tiap Sw pada sampel dengan	97

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	hematit	
Tabel 4.6.	Nilai Rt hasil ekstrapolasi sampel mengandung hematit tiap kenaikan 2%	97
Tabel 4.7.	Prosentase penurunan Rt karena pengaruh hematit	99
Tabel 4.8.	Perhitungan resistivitas sampel mengandung magnetit (ρ dalam ohm.m)	99
Tabel 4.9.	Persamaan garis untuk tiap Sw pada sampel dengan magnetit	101
Tabel 4.10.	Nilai Rt hasil ekstrapolasi sampel mengandung magnetit tiap kenaikan 2%	101
Tabel 4.11.	Prosentase penurunan Rt karena pengaruh magnetit	102
Tabel 4.12.	Perhitungan resistivitas sampel mengandung siderit (ρ dalam ohm.m)	103
Tabel 4.13.	Persamaan garis untuk tiap Sw pada sampel dengan siderit	104
Tabel 4.14.	Nilai Rt hasil ekstrapolasi sampel mengandung siderit tiap kenaikan 2%	105
Tabel 4.15.	Prosentase penurunan Rt karena pengaruh siderit	106
Tabel 4.16.	Perhitungan resistivitas sampel mengandung glaukonit (ρ dalam ohm.m)	107
Tabel 4.17.	Persamaan garis untuk tiap Sw pada sampel dengan glaukonit	108
Tabel 4.18.	Nilai Rt hasil ekstrapolasi sampel mengandung glaukonit tiap kenaikan 2%	108
Tabel 4.19.	Prosentase penurunan Rt karena pengaruh glaukonit	110
Tabel 4.20.	Simulasi perubahan Rt terhadap Sw	111
Tabel 4.21.	Prosentase mineral konduktif yang menghasilkan Ra < 6 ohm.m.	113
Tabel 4.22.	Persamaan hubungan Rt dengan porositas	116
Tabel 5.1.	Tabulasi kandungan ion Fe untuk masing-masing mineral (modifikasi dari *webmineral.com,* 2019)	134

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

		Hal
Lampiran 1.	Komposisi serbuk sampel mineral pirit dari Selogiri.	154
Lampiran 2.	Komposisi serbuk mineral hematit yang digunakan untuk pembuatan *pseudocore* batupasir-hematit	155
Lampiran 3.	Komposisi serbuk sampel mineral magnetit dari Kulonprogo	156
Lampiran 4.	Komposisi serbuk sampel mineral siderit dari Kulonprogo	157
Lampiran 5.	Komposisi serbuk sampel mineral glaukonit dari Japah, Blora	158
Lampiran 6.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel yang mengandung pirit.	159
Lampiran 6.B.	Tabel perhitungan resistansi (R, dalam ohm) untuk sampel yang mengandung pirit.	159
Lampiran 7.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel yang mengandung hematit.	160
Lampiran 7.B.	Tabel perhitungan resistansi (R, dalam ohm) untuk sampel yang mengandung hematit.	160
Lampiran 8.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel yang mengandung magnetit.	161
Lampiran 8.B.	Tabel perhitungan resistansi (R, dalam ohm) untuk sampel yang mengandung magnetit.	161
Lampiran 9.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel yang mengandung siderit.	162
Lampiran 9.B.	Tabel perhitungan resistansi (R dalam ohm) untuk sampel yang mengandung siderit.	162
Lampiran 10.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel yang mengandung glaukonit.	163
Lampiran 10.B.	Tabel perhitungan resistansi (R dalam ohm) untuk sampel yang mengandung glaukonit.	163
Lampiran 11.A.	Tabel hasil pengukuran Rt pada salinitas yang bervariasi	164
Lampiran 11.B.	Tabel hasil pengukuran Rt pada suhu yang bervariasi	164
Lampiran 12.A.	Tabel pengukuran tegangan (volt) pada sampel dengan porositas yang bervariasi.	165
Lampiran 12.B.	Tabel perhitungan resistansi (R, dalam ohm) pada sampel dengan phi yang bervariasi.	165
Lampiran 12.C.	Tabel perhitungan resistivitas (dalam ohm.m) untuk sampel dengan porositas (phi) yang bervariasi.	165
Lampiran 13.	*Resistivity correction factor* untuk sampel mengandung pirit	166
Lampiran 14.	*Resistivity correction factor* untuk sampel mengandung hematit	167

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH MINERAL KONDUKTIF PADA RESERVOAR BATUPASIR TERHADAP NILAI RESISTIVITAS DAN SATURASI AIR
SARJU WINARDI, Dr. Sugeng Sapto Surjono; Dr. D Hendra Amijaya
Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 15. *Resistivity correction factor* untuk sampel mengandung magnetit 168
Lampiran 16. *Resistivity correction factor* untuk sampel mengandung siderit 169
Lampiran 17. *Resistivity correction factor* untuk sampel mengandung glaukonit 170
Lampiran 18. Nilai t dari penelitian 171