UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **vi**
DAFTAR GAMBAR ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
INTISARI ..... **xiii**
ABSTRACT ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Permasalahan 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 3
1.6 Batasan Penelitian 4
1.7 Keaslian Penelitian 4
BAB II GEOLOGI REGIONAL **6**
2.1 Sejarah Tektonik 6
2.2 Geologi Regioal 11
2.3 Evolusi Magmatisme 23
2.4 Mineralisasi 30
BAB III LANDASAN TEORI **34**
3.1 Lempeng Tektonik 34
3.2 Magmatisme 40
3.3 Klasifikasi Endapan Bijih 44
3.4 Teknik Eksplorasi Geofiska 49
3.5 Sistem Informasi Geografis (SIG) 54
3.6 Hipotesis 58
BAB IV METODE PENELITIAN **59**
4.1 Data Penelitian 59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2 Tahapan Penelitian 60
4.3 Metode Penelitian 62
4.4 Jadwal Penelitian 63
BAB V PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA 63
5.1 Data Geokronologi 63
5.2 Data Geologi Batuan Beku 66
5.3 Data Geologi Struktur 75
5.4 Data Geokimia Batuan Beku 78
5. 5 Data Geokimia *Stream Sediment* 81
5.6 Data Geofisika – Metode Gravitasi 89
5.7 Data Geofisika Kegempaan 95
5.8 Alterasi Hidrothermal 98
5.9 Data Mineralisasi 107
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN 112
6.1 Sistem Informasi Kebumian Aceh 112
6.2 Sejarah Tektonik Aceh 114
6.2.1 Periode Permian 116
6.2.2 Periode Jurasik - Kapur 117
6.2.3 Periode Paleosen – Eosen Awal 118
6.2.4 Periode Oligosen – Resen 118
6.3 Evolusi Magmatisme Aceh 122
6.4 *Mineral Potential Mapping* 135
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 147
7.1 Kesimpulan 147
7.2 Saran 148
DAFTAR PUSTAKA 149
LAMPIRAN
Lampiran 1. Daftar nama formasi atau unit batuan beku di Provinsi Aceh 157
Lampiran 2. *Raw data lithogeochemistry* di Provinsi Aceh 161
Lampiran 3. Tipe batuan beku berdasarkan data *lithogeochemistry* 166
Lampiran 3. Data kegempaan Aceh 166

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta lokasi penelitian 3
Gambar 2. 1 Distribusi blok (*terrane*) yang terdapat di Pulau Sumatera dan Asia Tenggara (Metcalfe, 2017)..... 6
Gambar 2. 2 Distribusi blok (*terrane*) yang membentuk Provinsi Aceh (Barber dkk, 2005)..... 7
Gambar 2. 3 Paleogeografi pembentukan Pulau Sumatera sejak periode Devonian Akhir sampai Trias Akhir (Metcalfe, 2011). 8
Gambar 2. 4 Paleogeografi pembentukan Pulau Sumatera sejak periode Permian Awal sampai Trias Awal (Barber dkk, 2005) 9
Gambar 2. 5 Penyatuan blok (*terrane*) Woyla dengan *Sundaland* di Pulau Sumatera (Advokaat dkk, 2018). 10
Gambar 2. 6 Zona fisiografi Provinsi Aceh (modifikasi dari van Bemmelen, 1949). 12
Gambar 2. 7 Peta domain umur batuan Provinsi Aceh (modifikasi dari Barber dkk, 2005). 14
Gambar 2. 8 Peta distribusi batuan Pra-Tersier di Provinsi Aceh (Barber, 2003)..... 15
Gambar 2. 9 Unit stratigrafi yang membentuk litologi periode Pra-Tersier di Provinsi Aceh (Barber, 2003) 15
Gambar 2. 10 Peta distribusi kelompok Tapanuli dan Peusangan di Provinsi Aceh (Barber dkk, 2005)..... 17
Gambar 2. 11 Peta distribusi kelompok Woyla di Provinsi Aceh (Barber, 2000)..... 18
Gambar 2. 12 Aktivitas struktur dari *Medial Sumatra Tectonic Zone* (MSTZ) di bagian tengah Pulau Sumatera (Barber dkk, 2005)..... 21
Gambar 2. 13 Periode pembukaan Laut Andaman pada periode Miosen Tengah (Curray dkk, 2005) 22
Gambar 2. 14 Segmen - segmen sesar yang terdapat di Provinsi Aceh (Barber dkk, 2005)..... 23
Gambar 2. 15 Periode magmatisme yang berkembang di Pulau Sumatera (Maryono dkk, 2014)..... 24
Gambar 3. 1 Jenis – jenis pergerakan lempeng tektonik (Frisch dkk, 2011)..... 34
Gambar 3. 2 Model tipe zona subduksi yang dihasilkan oleh aktivitas subduksi lempeng (Zheng dkk, 2015). 36
Gambar 3. 3 Diagram skematik dari *accretionary wedges* pada zona subduksi (Zhou dkk, 2001). 37
Gambar 3. 4 Skema evolusi tektonik dari aktivitas kolisi (Zheng dkk, 2015) 39
Gambar 3. 5 Skema proses amalgamasi *terrane* di suatu wilayah (www.nps.gov/) 40
Gambar 3. 6 Tipe deposit bijih yang terbentu pada tatanan tektonik konvergen (Arndt dkk, 2017) 42
Gambar 3. 7 Skema sistem deposit mineral yang berasosiasi dengan proses subduksi (Groves dkk, 2021)..... 42
Gambar 3. 8 Tipe deposit bijih yang terbentuk pada tatanan tektonik kolisi (Arndt dkk, 2017) 43

SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3. 9 Hubungan antara struktur dan tipe deposit *continental collision* (a) tipe sederhana (b) tipe komposit (Zhang dkk, 2018) 44
Gambar 3. 10 Sistem porfiri deposit Cu –Au –Mo (Sillitoe, 2010) 47
Gambar 3. 11 Model epitermal sulfida tinggi dan sulfida rendah (White dan Hedenquist, 1995) 48
Gambar 4. 1 Diagram alir penelitian 60
Gambar 5. 1 Contoh data dasar dari data geokronologi yang dikumpulkan untuk wilayah Aceh dari berbagai referensi (a) Gasparon, 1994; b) Lai dkk, 2014; c) Bellon dkk, 2004; d) Barber dkk, 2005 64
Gambar 5. 2 Sistem penomoran sampel data 65
Gambar 5. 3 Peta sebaran data umur batuan (*geochronology*) di Provinsi Aceh 66
Gambar 5. 4 Contoh peta geologi yang digunakan pada penelitian ini, (a) Peta geologi lembar Banda Aceh oleh Badan Geologi 1:250.000 (b) Peta geologi tematik 1:100.000 wilayah Tangse, Pidie oleh van Leuween dkk (1987). 67
Gambar 5. 5 Proses digitalisasi dan georeferensi peta geologi yang terdapat di Provinsi Aceh (contoh : Peta lembar Calang) 68
Gambar 5. 6 Penggunaan *mosaic dataset* untuk mengabungkan data raster gabungan . 69
Gambar 5. 7 Data yang berhasil dilakukan kompilasi dan digitalisasi (contohnya pada lembar Takengon). 70
Gambar 5. 8 Peta geologi sebaran batuan beku berdasarkan umur 71
Gambar 5. 9 Peta sebaran batuan beku periode Permian 73
Gambar 5. 10 Peta sebaran batuan beku periode Jurasik - Kapur 73
Gambar 5.11 Peta sebaran batuan beku periode Oligosen - Miosen 74
Gambar 5. 12 Peta sebaran batuan beku periode Holosen 74
Gambar 5. 13 Proses digitasi data struktur geologi dari peta geologi yang diterbitkan oleh Badan Geologi (contoh: Lembar peta Calang) 75
Gambar 5. 14 Proses evaluasi kualitas data struktur geologi dari peta geologi oleh Badan Geologi dan portal data OneMap ESDM 76
Gambar 5. 15 Peta struktur geologi Provinsi Aceh (Modifikasi dari peta geologi dari Badan Geologi dan portal data OneMap ESDM 77
Gambar 5. 16 Proses pengolahan data geokimia batuan beku menggunakan perangkat lunak R 79
Gambar 5. 17 Peta sebaran data *lithogeochemistry* di Provinsi Aceh 81
Gambar 5. 18 Peta sebaran titik pengukuran unsur Cu di Provinsi Aceh (Modifikasi dari Page dan Young (1981). 83
Gambar 5. 19 Proses validasi data pengujian dengan beberapa penelitian terbaru yang lebih detail seperti Mulija dkk (2003), Coulson dkk (1988) dan Suprapto (2008). 84
Gambar 5. 20 Hasil kenampakan data sebelum dan sesudah perbaikan resolusi (Menggunakan perangkat lunak onlinepngtools dan Coreldraw) 85
Gambar 5. 21 Hasil akhir data geokimia *stream sediment* dari Badan Geologi setelah proses perbaikan resolusi dan digitasi ulang. 86
Gambar 5. 22 a) Peta pengukuran geokimia *stream sediment* unsur Cu; b) Peta pengukuran geokimia *stream sediment* unsur As 87

SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5. 23 a) Peta pengukuran geokimia *stream sediment* unsur Fe; b) Peta pengukuran geokimia *stream sediment* unsur Zn 88
Gambar 5. 24 Pengujian RMSE pada data model anomali *bouguer* satelit yang dihasilkan 90
Gambar 5. 25 Penentuan nilai batas (*cut off*) pada pemilahan anomali *residual* dan *regional* 91
Gambar 5. 26 Peta respon anomali *free-air* di Provinsi Aceh 92
Gambar 5. 27 a) Peta anomali *bouguer* total seluruh Provinsi Aceh; b) Peta anomali lokal seluruh Provinsi Aceh 94
Gambar 5. 28 Proses pengunduhan data gempa dari situs USGS (*United States Geological Survey*) 95
Gambar 5. 29 Tampilan *data preview* dari peta sebaran gempa Aceh – Andaman sejak tahun 1900 sampai 2022 (situs *United States Geological Survey*, 2022) 96
Gambar 5. 30 Peta seismisitas Provinsi Aceh 97
Gambar 5. 31 Proses pengunduhan data citra Landsat 8 dari situs USGS 98
Gambar 5. 32 Tahapan pengolahan data awal (*Pre-processing*) 99
Gambar 5. 33 Penggunaan teknik *band ratio* menggunakan perangkat lunak ENVI 5.3 (contoh: band 4 dan band 2) 101
Gambar 5. 34 Perhitungan nilai *pixel* dari hasil pengolahan citra untuk tipe alterasi propilitik pada area Miwah dan Geunteut 101
Gambar 5. 35 Penggunaan teknik *band composite* 4/2,6/7,6/5 menggunakan perangkat lunak ENVI 5.3. 102
Gambar 5. 36 Peta citra Landsat 8 dengan *band composite* 567 103
Gambar 5. 37 a) Peta citra Landsat 8 dengan *band ratio* 4/2 untuk kategori *iron oxide*; b) Hasil yang sama dengan gradasi berwarna 105
Gambar 5. 38 a) Peta citra Landsat 8 dengan *band ratio* 6/7-NDVI untuk kategori *clay mineral*; b) Hasil yang sama dengan gradasi berwarna 106
Gambar 5. 39 Peta citra Landsat 8 dengan *band composite* 4/2, 6/7,6/5 107
Gambar 5. 40 Proses georeferensi data deposit dari sumber data penelitian sebelumnya 109
Gambar 5. 41 Proses digitasi data deposit mineralisasi yang terdapat di Provinsi Aceh 109
Gambar 5. 42 Daftar IUP yang berada di Provinsi Aceh berdasarkan hasil kompilasi dari berbagai sumber 110
Gambar 5. 43 Peta sebaran deposit terbukti di Provinsi Aceh 111
Gambar 5. 44 Peta sebaran titik PETI di Provinsi Aceh 111
Gambar 6. 1 Proses pembuatan sistem informasi kebumian Provinsi Aceh 113
Gambar 6. 2 Sistem informasi kebumian Aceh yang berhasil dibangun 113
Gambar 6. 3 Contoh model analisis kegempaan yang dibangun menggunakan data dari sistem informasi kebumian Aceh 114
Gambar 6. 4 Hasil permodelan 2D data kegempaan segmen Aceh - Laut Andaman 121
Gambar 6. 5 *Timeline tectonic events* yang berkembang di Provinsi Aceh 115
Gambar 6. 6 a) Diagram TAS Vulkanik oleh Le Bas dkk (1986); (b) Diagram TAS Plutonik oleh Middlemost (1994) 122
Gambar 6. 7 Hasil plotting diagram alkalinitas magma untuk seluruh sampel geokimia batuan 123

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 8 Hasil ploting diagram diskriminan tatanan tektonik ((a) element Rb vs y+Nb), (b) element Nb vs Y) 125
Gambar 6. 9 Hubungan antara karakteristik magma yang terbentuk di suatu wilayah dengan lingkungan tektonik 126
Gambar 6. 10 Peta periode magmatisme yang berkembang di Provinsi Aceh 127
Gambar 6. 11 Peta aktivitas magmatisme periode Permian di Provinsi Aceh 132
Gambar 6. 12 Peta aktivitas magmatisme periode Jurasik - Kapur di Provinsi Aceh .. 132
Gambar 6. 13 Peta aktivitas magmatisme periode Paleosen – Eosen Awal di Provinsi Aceh 133
Gambar 6. 14 Peta aktivitas magmatisme periode Oligosen - Holosen di Provinsi Aceh 133
Gambar 6. 15 Hasil plotting sampel lima gunung api Kuarter pada diagram afinitas magma. 134
Gambar 6. 16 Peta faktor kesesuaian (*evidence map*) litologi batuan beku 138
Gambar 6. 17 Peta faktor kesesuaian (*evidence map*) anomali gravitasi lokal 139
Gambar 6. 18 Peta faktor kesesuaian (*evidence map*) geokimia *stream sediment* 139
Gambar 6. 19 Peta faktor kesesuaian (*evidence map*) alterasi hidrotermal 140
Gambar 6. 20 Peta faktor kesesuaian (*evidence map*) struktur geologi 140
Gambar 6. 21 Peta potensi mineralisasi di Provinsi Aceh 143
Gambar 6. 22 Peta sebaran deposit terbukti yang terdapat di Provinsi Aceh 144
Gambar 6. 23 Peta sebaran PETI di Provinsi Aceh 145

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SISTEM INFORMASI DAN ANALISIS SPASIAL POTENSI SUMBERDAYA MINERAL DI PROVINSI ACEH
T. MUHARRIZAL FADHLI, Dr.Eng. Ir. Lucas Donny Setijadji, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Nugroho Imam Setiawan, S.T., M.T
Universitas Gadjah Mada, 2023 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini……..... 4
Tabel 3.1 Hubungan tatanan tektonik dengan tipe deposit (Arndt dkk., 2017)..…..... 45
Tabel 3.2 Macam-macam satelit gravitasi beserta resolusinya (Ananda, 2021)…...…. 50
Tabel.3.3 Sumber data GGMplus (Hirt dkk.,2012)…….…….. 51
Tabel 4.1 Jadwal penelitian …….……... 62
Tabel 5. 1 Daftar peta geologi yang berhasil dikumpulkan dan didigitasi 67
Tabel 5. 2 Data geokimia batuan hasil kompilasi 78
Tabel 5. 3 Data geokimia *stream sediment* dari peneliti terdahulu 82
Tabel 5. 4 Kumpulan data citra Landsat 8 yang digunakan pada penelitian ini 98
Tabel 5. 5 Tabel referensi yang digunakan untuk *database* mineralisasi 108
Tabel 6. 1 Tabel matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*).....141
Tabel 6. 2 Tabel normalisasi matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*) 141
Tabel 6. 3 Tabel perhitungan *Principle Eigen Value*..... 142
Tabel 6. 4 Tabel perhitungan nilai rasio konsistensi 142
Tabel 6. 5 Persentase luasan area potensi mineralisasi..... 144