

Vol. 3 No. 2
Oktober 2019

ISSN 2579-5821
e-ISSN 2579-5546



Jurnal

Geocelebes



Diterbitkan oleh:
Departemen Geofisika
Universitas Hasanuddin
Makassar

JURNAL GEOCELEBES

Volume 3 Nomor 2, Oktober 2019

ISSN: 2579 – 5821 (Cetak)

ISSN: 2579 – 5546 (Online)

Alamat URL: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/geocelebes>

Diterbitkan berkala dua kali setahun oleh/ **Published periodically two times annually by**
Dept. Geofisika Universitas Hasanuddin/ **Geophysics Dept., Hasanuddin University**

Dewan Redaksi/ Editor Board

Editor Kepala (Chief Editor) : Muh. Altin Massinai (Universitas Hasanuddin)

Redaksi yang bertugas pada Volume 3

Dewan Editor (Editorial Board) : Sakka / Universitas Hasanuddin
: Cahli Suhendi / Institut Teknologi Sumatera
Ayusari Wahyuni / UIN Alauddin
M F I Massinai / Universitas Hasanuddin

Mitra Bestari (Reviewer) : Muchtar Salam Solle / Universitas Hasanuddin
Wahyudi Widyatmoko Parnadi / Institut Teknologi Bandung
Virman / Universitas Cendrawasih
Masyitha Retno Budiati Kiraman / Tohoku University
Y Wahyu Christanto / Daqing C. Petroleum Tech. Services
Emi Prasetyawati Umar / Universitas Muslim Indonesia
Erlangga Ibrahim Fattah / Institut Teknologi Sumatera
Rizka / Institut Teknologi Sumatera
Muhammad Amin Syam / Universitas Mulawarman
Nurul Dzakiya / Institut Sains dan Teknologi AKPRIND
Nanang Sugianto / Universitas Bengkulu
Bambang Harimei / Universitas Hasanuddin
Sabrianto Aswad / Universitas Hasanuddin
Sahabuddin / Universitas Hasanuddin

Sekretariat/ Secretariat:

Departemen Geofisika, FMIPA Universitas Hasanuddin
Gedung TNR, Kampus Unhas Tamalanrea - Jalan Perintis Kemerdekaan, Makassar
Sulawesi Selatan, 90245.

E-mail: geocelebes@sci.unhas.ac.id

Jurnal Geocelbes adalah jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Departemen Geofisika Universitas Hasanuddin. Jurnal ini diperuntukkan sebagai sarana publikasi ilmiah di bidang geofisika mulai topik teoritik hingga topik aplikasi geofisika di berbagai bidang. Makalah yang dimuat merupakan hasil penelitian yang orisinal, tinjauan (*review*) tentang kemajuan terkini dari suatu topic tertentu, studi kasus aplikasi geofisika ataupun resensi tentang perangkat lunak yang berkaitan dengan geofisika. Makalah dapat dikirimkan ke alamat email redaksi dalam bentuk softcopy dengan menggunakan template yang telah

disediakan. Setiap makalah yang diterima akan ditinjau kelayakannya melalui proses *reviewing* yang ketat oleh Dewan Redaksi.

DAFTAR ISI

JURNAL GEOCELEBES

Volume 3, Nomor 2, Oktober 2019

ISSN: 2579 – 5821 (Cetak)

ISSN: 2579 – 5546 (Online)

Alamat URL: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/geocelebes>

Halaman Judul	i
Dewan Redaksi	ii
Daftar Isi	iv
Kata Pengantar	vi
Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Ruas Jalan Meluhu-Lasolo, Konawe Utara	51
<i>Emi Prasetyawati Umar, Jamaluddin, Muhardi Mustafa, Muhammad Adam Marnas, Intan Noviantari Manyoe, Aryadi Nurfalaq, Ivan Taslim</i>	
Pemodelan Geologi Bawah Permukaan Bantar Karet, Jawa Barat Menggunakan Metode Gravitasi.....	59
<i>Jamaluddin, Maria, Hamriani Ryka, Rohima Sera Afifah</i>	
Identifikasi Batuan Bawah Permukaan Daerah Longsor Kelurahan Kambo Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole.....	66
<i>Aryadi Nurfalaq, Andi Jumardi</i>	
Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Nearest Neighbour Point, Inverse Distance Weighting, dan Kriging Pada Daerah Muara Bungo, Sumatera Selatan.....	75
<i>Ardi Kurnianto, Ajimas Pascaning Setiahadiwibowo, Wrego Seno Giamboro</i>	
Pendugaan Bawah Permukaan Formasi Walannae Menggunakan Metode Resistivitas.....	83
<i>Debby Rahayu, Agung Hasan, Nurita Dwi Puspitasari, Muhammad Fawzy Ismullah Massinai</i>	
Distribusi Pengaliran Presipitasi Berdasarkan Topografi.....	90
<i>Rahmi Rizqi Amalia, Sakka Sakka, Dadang Ahmad Suriamihardja</i>	
Pengukuran Penampang Stratigrafi dan Interpretasi Data	

Resistivitas 1D dan 2D untuk Identifikasi Akuifer Airtanah Daerah Sambutan, Samarinda Ilir, Kota Samarinda -----	97
<i>Muhammad Amin Syam, Hamzah Umar, Heryanto</i>	
Interpretasi Struktur Perlapisan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas -----	111
<i>Erfan, Syamsuddin, Arum Wahyuni, Jumatriani, St. Syakirah, Illa</i>	

KATA PENGANTAR

Jurnal Gecelebes yang dikelola oleh Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar telah memasuki tahun ketiga. Dewan Redaksi mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas pencapaian ini serta ungkapan terima kasih atas komitmen Tim Pengelola, Tim Editor Isi dan Layout, dalam menjalankan amanah ini. Secara khusus Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah memasukkan karya ilmiahnya dan kepada Tim Mitra Bestari yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan saran dan koreksi yang membangun pada setiap makalah di setiap terbitan Jurnal Gecelebes. Pada kesempatan ini pula, Dewan Redaksi menyampaikan bahwa per tanggal 4 April 2019, Jurnal Gecelebes dinyatakan sebagai Jurnal Terakreditasi Nasional dengan Peringkat 4 (Sinta 4). Status ini diperoleh melalui Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor [10/E/KPT/2019](#) dan berlaku selama 5 tahun. Terima kasih atas doa dan dukungan untuk Jurnal Gecelebes.

Pada edisi Volume 3 Nomor 2 Oktober 2019 terdapat tujuh artikel yang diterbitkan yang secara umum membahas implementasi peran geosains khususnya geofisika dalam eksplorasi sumber daya alam dan bidang lainnya yang sesuai dengan fokus dan cakupan bidang yang diterbitkan oleh Jurnal Gecelebes. Jurnal Gecelebes menerima partisipasi dari akademisi, peneliti, praktisi industri, mahasiswa dan lainnya di bidang geosains baik dalam perspektif teoretik maupun aplikasi, baik yang berkaitan tentang bawah permukaan (litosfer) maupun atas permukaan (atmosfer), yang tentunya akan melalui serangkaian proses yaitu *submitting*, *editing*, dan *reviewing*.

Dewan Redaksi Jurnal Gecelebes membuka diri atas saran dan kritikan yang membangun demi perbaikan ke depan. Segala saran dan kritikan dapat dikirimkan melalui email gecelebes@sci.unhas.ac.id

Makassar, Oktober 2019

Dewan Redaksi Jurnal Gecelebes

KAJIAN MITIGASI BENCANA TANAH LONGSOR RUAS JALAN MELUHU-LASOLO, KONAWA UTARA

Emi Prasetyawati Umar^{1*}, Jamaluddin², Muhardi Mustafa³, Muhammad Adam Marnas⁴,
Intan Noviantari Manyoe⁵, Aryadi Nurfalaq⁶, Ivan Taslim⁷

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

²Program Studi Teknik Geologi, STT-Migas Balikpapan, Indonesia.

³Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kab. Konawe Utara, Indonesia.

⁴SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar, Indonesia.

⁵Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia.

⁶Program Studi Teknik Informatika, Universitas Cokroaminoto Palopo, Indonesia.

⁷Program Studi Geografi, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Indonesia.

*Penulis koresponden. Alamat email: emiprasetyawati.umar@umi.ac.id

Abstrak

Bencana alam geologi di Jalan Meluhu-Lasolo Kabupaten Konawe bisa menyebabkan kerusakan fasilitas penduduk lebih besar ketika tidak dikontrol dengan tepat waktu dan dilakukan mitigasi. Penelitian ini bertujuan untuk inventarisasi jenis bencana dan menentukan lokasi-lokasi yang rawan bencana geologi di Jalan Poros Meluhu-Lasolo Kabupaten Konawe Utara. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode induktif yang menggunakan pendekatan kombinasi antara penelitian kualitatif dan kuantitatif, dengan memadukan hasil-hasil kajian pustaka, data lapangan, serta hasil-hasil penelitian laboratorium komputasi yang keseluruhannya dikaji, dianalisis, dan disintesis secara komprehensif. Hasil penelitian menunjukkan 2 (dua) titik lokasi rawan dan jenis bencana geologi yaitu tanah longsor berupa bahan rombakan batuan dan tanah (*debris slide*), jatuhnya batuan (*rockfall*) dan termasuk rawan bencana kategori tinggi (skor 4) dengan kemiringan lereng berkisar 29-85⁰. Longsoran tersebut terjadi karena daerah tersebut memiliki lereng yang terjal, tingkat pelapukan batuan yang tinggi, batuan yang retak-retak dan mudah lepas, termasuk jalur sesar/ patahan/ gawir, lereng terpotong jalan dan adanya rutinitas getaran kendaraan yang penuh muatan sehingga mengakibatkan saluran drainase rusak dan mengancam jiwa manusia maupun kendaraan yang rutin melewati jalan. Beberapa hal yang harus dilakukan secara mandiri oleh masyarakat adalah peningkatan kewaspadaan saat musim hujan dan tindakan penutupan rekahan di permukaan tanah, serta konservasi tanah.

Kata kunci: geologi; longsor; Meluhu-Lasolo; mitigasi.

Abstract

Geological hazards at Meluhu-Lasolo North Konawe are much more destructive when prevail can cause greater damage to lives and properties of humans when not properly and timely controlled and mitigated. This study aims to do an inventory of the types of disasters and determine all the locations that disaster-prone at Meluhu-Lasolo North Konawe Regency. The research method that will be used is an inductive method with approach combination between qualitative research and quantitative research, integrate all the literature review's results, field data, and all the results from laboratory computation research which have been reviewed, analyzed, and synthesized comprehensively. The result of this research is there is 2 (two) points of prone locations and the type of disaster is a landslide in the form of debris slide and rockfall, it is including as a high category of disaster-prone (score 4) with

slope ranges from 29-85°. The cause of that landslide is because that area has a steep slope, high rock weathering, cracked rock and easy to fall off, including fault line, slope that cut off by the road and vibration from all the high load vehicle that passing by, make the drainage channel defective and threatening human lives or the vehicle that passing by. There are a few things that have to do independently by the people who live there is to be more alert when rainy season come and fix all the road that have been cracked, and soil conservation.

Keywords : geology; landslide; Meluhu-Lasolo; mitigation.

Pendahuluan

Bencana alam geologi setiap saat bisa datang seketika menghancurkan dan merusak fasilitas penduduk bahkan tidak sedikit menelan korban harta nyawa manusia. Bencana alam geologi kadangkala sulit diprediksi kapan akan terjadi, tetapi lokasi dan ciri potensi bencana geologi bisa diketahui dan dikaji secara ilmiah untuk mengurangi resiko dan bahaya bencana geologi yang akan ditimbulkan.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa 0,56% wilayah Kabupaten Konawe merupakan daerah dengan tingkat kerawanan tinggi, 64,42% merupakan daerah dengan tingkat kerawanan menengah, 26,97% merupakan daerah dengan tingkat kerawanan rendah dan 8,05% merupakan daerah dengan tingkat kerawanan sangat rendah. Daerah dengan tingkat kerawanan tinggi tersebar di beberapa lokasi dengan kemiringan lereng > 40% serta merupakan lahan yang dipergunakan untuk tegalan/ ladang/ sawah (Taufik dan Firdaus, 2012).

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat menambah wawasan dan khasanah pengetahuan bagi peneliti mengenai mitigasi pada daerah yang rawan terjadi tanah longsor serta menjadi acuan pemerintah daerah setempat dan masyarakat agar dapat meminimalisir terjadinya bencana geologi tanah longsor, sehingga kehidupan masyarakat tetap dalam kondisi yang aman dan sejahtera di Kabupaten Konawe Utara.

Geologi Konawe Utara

Wilayah Konawe Utara berada pada ketinggian 0 - >2000 mdpl dengan kemiringan lereng antara 0 - >40%. Kemiringan antara 25% sampai dengan 40% berada pada hulu Sungai Lasolo yang merupakan wilayah Pegunungan Matarombeo. Wilayah dengan kemiringan lereng 0 - 8% umumnya berada pada kaki bukit, lembah antar sungai, dan wilayah di muara-muara sungai. Wilayah dengan ketinggian >2000 meter dan kemiringan lebih dari 40% berada pada sekitar hulu Sungai Konawe, yaitu Pegunungan Mekongga mengarah ke utara sampai Pegunungan Matarombeo umumnya berbukit hingga bergunung.

Berdasarkan kondisi geologi, Lasusua Kendari dapat dibedakan dalam dua lajur, yaitu Lajur Tinodo dan Lajur Hialu. Lajur Tinodo dicirikan oleh batuan endapan paparan benua dan Lajur Hialu oleh endapan kerak samudra/ ofiolit, secara garis besar kedua mendala ini dibatasi oleh Sesar Lasolo (Rusmana dan Sukarna, 1985).

Struktur geologi yang dijumpai di wilayah Kabupaten Konawe Utara adalah sesar, lipatan, dan kekar. Sesar dan kelurusan umumnya berarah barat laut-tenggara searah dengan sesar geser lurus mengiri Lasolo. Sesar Lasolo bahkan masih aktif hingga saat ini. Sesar tersebut diduga ada kaitannya dengan Sesar Sorong yang aktif kembali pada Kala Oligosen (Simandjuntak dkk., 1993). Sesar naik ditemukan di daerah Wawo sebelah barat Tampakura dan di Tanjung Labuandala di selatan Lasolo, yaitu beranjaknya Batuan Ofiolit ke atas Batuan Malihan Mekongga, Formasi

Meluhu, dan Formasi Matano. Ada pun jenis tanah di Konawe Utara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis tanah di Konawe Utara (BPBD Kabupaten Konawe Utara, 2016)

No	Jenis Tanah	Luas (km ²)	Persentase (%)
1	Latosol	1.168,29	23,35
2	Podzolik	1.408,45	28,15
3	Organosol	235,66	4,71
4	Mediteran	169,61	3,39
5	Aluvial	240,16	4,80
6	Tanah Campuran	1.780,71	35,39
Jumlah		5.003,39	100,00

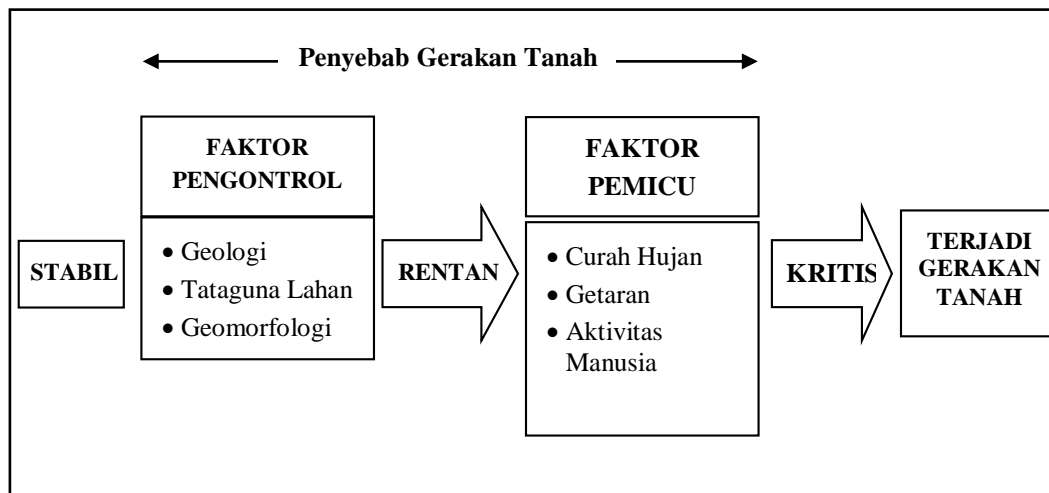
Tinjauan Pustaka

Gerakan tanah (longsor) adalah perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, bahan timbunan, tanah atau material campuran tersebut yang bergerak ke arah bawah dan keluar lereng (Varnes, 1978). Ada beberapa jenis longsor yang

umum dijumpai pada massa batuan menurut Hoek & Bray (1981) yakni:

- a) Longsor bidang (*Plane failure*);
- b) Longsor baji (*wedge failure*);
- c) Longsor guling (*toppling failure*);
- d) Longsor busur (*circular failure*).

Menurut Pramumijoyo dan Karnawati (2006), penyebab longsor meliputi dua faktor yaitu faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktrol pengontrol merupakan faktor-faktor yang membuat kondisi suatu lereng menjadi rentan atau siap bergerak meliputi kondisi morfologi, stratigrafi (jenis batuan serta hubungannya dengan batuan lain di sekitarnya), struktur geologi, geohidrologi, dan penggunaan lahan. Faktor pemicu gerakan merupakan proses-proses yang mengubah suatu lereng dari kondisi rentan atau siap bergerak menjadi kondisi kritis dan akhirnya bergerak (Karnawati, 2007) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses terjadinya gerakan tanah dan komponen-komponen penyebabnya (Karnawati, 2007).

Metodologi Penelitian

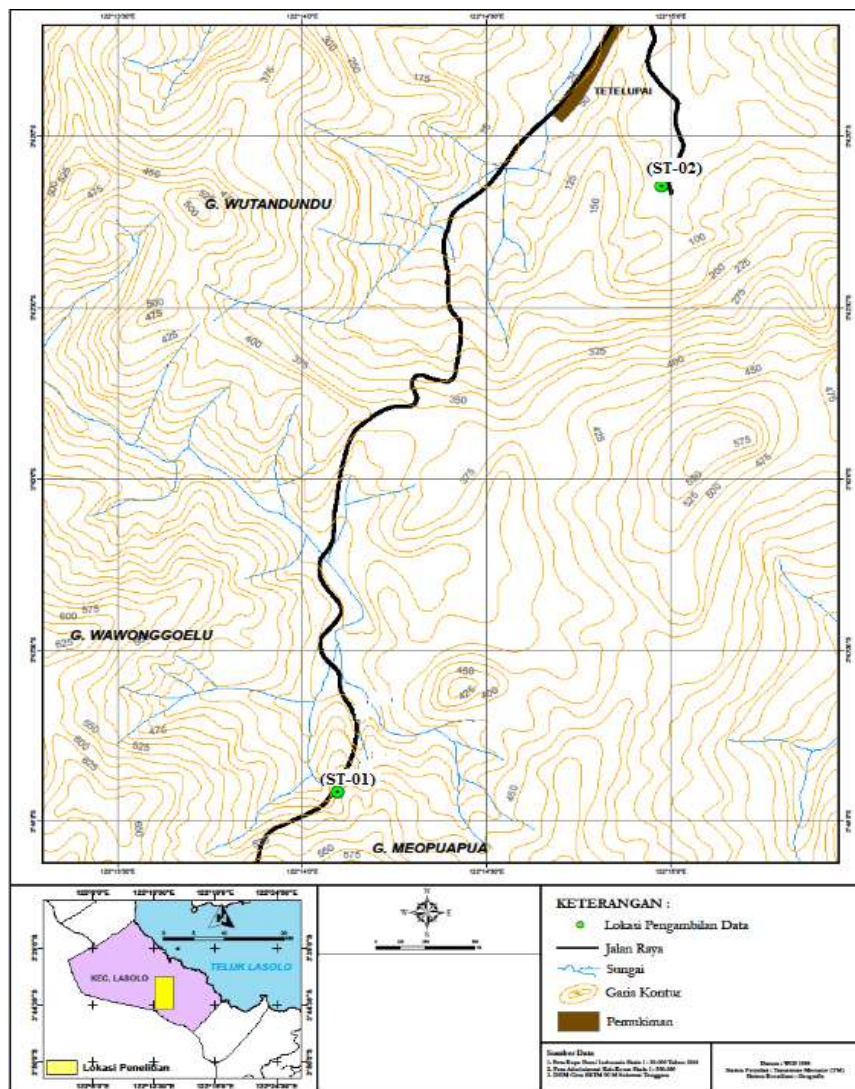
Daerah penelitian mempunyai luas ± 176 Ha², dihitung berdasarkan peta topografi skala 1:25.000 yang diperbesar dari peta topografi skala 1:50.000, Lembar Kendari, Sulawesi dengan nomor lembar 2212-31 terbitan BAKOSURTANAL Edisi I tahun 1992 dan Lembar Andowia (2212-23) serta

Lembar Barasanga (2212-24) seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah metode induktif yang menggunakan pendekatan kombinasi antara penelitian kualitatif dan kuantitatif, dengan memadukan hasil-hasil kajian pustaka, data lapangan, serta hasil-hasil penelitian

laboratorium komputasi yang keseluruhannya dikaji, dianalisis, dan disintesis secara komprehensif untuk mendefinisikan kesimpulan tentang mitigasi tanah longsor Kecamatan Lasolo Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara.

Studi literatur atau studi pustaka yang dilakukan berkaitan dengan penelitian geologi terdahulu daerah penelitian dan studi literatur mengenai mitigasi tanah longsor. Penelitian dilakukan melalui buku-buku terkait, jurnal, artikel-artikel ataupun penelusuran melalui internet sehingga penelitian memperoleh bahasan yang lebih luas.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.

Pengambilan data geologi berupa kedudukan batuan, pengamatan jenis litologi secara megaskopis, pengukuran data kekar dengan metode *Scan Window*, dan pengambilan sampel dengan metode *Tranching* pada salah satu titik longsor.

Analisis data pada penelitian ini terdiri dari analisis deskriptif-kuantitatif dan analisis GIS. Analisis deskriptif-kuantitatif berupa deskripsi atau penggambaran data longsor, geomorfologi, litologi, sebaran titik-titik longsor, struktur geologi, curah hujan dan

aktivitas manusia. Analisis geomorfologi dilakukan dengan pendekatan morfografi menggunakan peta topografi skala 1:50.000, yang kemudian menghasilkan kelas lereng sesuai klasifikasi Van Zuidam (1985). Dari kelas lereng tersebut kemudian dilakukan pembobotan (*scoring*) dengan memperhatikan kondisi lereng yang rentan terhadap terjadinya longsor.

Analisis struktur geologi yang dilakukan pada peta citra penginderaan jauh yakni data DEM kemudian mengasilkan zona struktur. Setelah mengetahui zona struktur dari analisis citra, kemudian dilakukan pembobotan (*scoring*) dengan asumsi bahwa daerah yang dilalui oleh zona struktur adalah zona lemah yang berpotensi terjadinya longsor. Pengambilan data kekar dari lapangan juga diolah menggunakan *software* Dips. Dalam program ini dirancang untuk memasukkan data kekar yang merupakan bidang lemah dengan memperhatikan kemiringan kekar (*dip*) dan arah kemiringan kekar (*dip direction*). Bidang kemenerusan dari kekar yang memiliki orientasi yang relatif sama dikelompokkan dalam satu set (*joint set*) yang kemudian dapat diketahui jenis longsor yang terjadi. Dari kompilasi peta geologi yang diperoleh, dilakukan pembobotan (*scoring*) dengan memperhatikan kondisi fisik litologi di lapangan dan ciri fisik litologi sesuai geologi regional daerah penelitian mengikuti parameter ancaman bencana tanah longsor pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter ancaman bencana tanah longsor (BNPB, 2012; Taufik dan Firdaus, 2012).

Parameter Kelas Kelerengan (%)	Skor	Bobot
0-2	1	4
2-15	2	8
15-25	3	12
25-40	4	16
> 40	5	20

Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan survei dan pemetaan di Meluhu-Lasolo yang terletak di Kecamatan Lasolo Kabupaten Konawe Utara, maka ditemukan beberapa titik rawan bencana geologi yaitu tanah longsor.

1. Lokasi Pertama (ST-01)

Pada lokasi pertama ditemukan di jalan Melulu-Lasolo Desa Matapila pada posisi 122°14',5.8"BT-3°43'59.8"LS dengan jenis tanah longsor berupa bahan rombakan batuan dan tanah atau *debris slide* seperti pada Gambar 3, dengan jenis gerakan gelinciran translasi, longsor ini memiliki panjang 20 meter dan tinggi 8 meter, terletak pada bentang alam perbukitan.

Longsor bahan rombakan batuan dan tanah ini terjadi karena terletak pada kemiringan lereng yang terjal, batuannya berupa batusabak yang mengalami pelapukan tinggi, retak-retak dan mudah lepas, pergerakan material longsorannya aktif dan telah merusak saluran drainase dan mengancam jiwa manusia maupun kendaraan yang rutin melewati jalan ini seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Longsor tanah *debris slide*.



Gambar 4. Singkapan Batusabak di Lokasi Pertama (ST-01).

Tanah longsor yang terjadi pada Jalan Poros Meluhu-Lasolo (ST-01) termasuk rawan bencana geologi kategori agak tinggi skor 4 (BNPB, 2012; Taufik dan Firdaus, 2012) karena tersusun oleh batusabak yang sudah mengalami pelapukan yang cukup tinggi, retak-retak dan sangat mudah lepas, kemiringan lereng terjal 27° seperti yang terlihat pada Gambar 5. Lokasinya termasuk dalam wilayah jalur sesar/patahan/ gawir, lereng terpotong jalan dan adanya bidang diskontinuitas. Parameter ancaman bencana tanah longsor lokasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 5. Lereng terjal sebagai salah satu penyebab terjadinya tanah longsor di lokasi pertama (ST-01).

Tabel 3. Parameter ancaman bencana tanah longsor Lokasi Pertama (ST-01)

Kemiringan Lereng ($^{\circ}$)	Kedudukan dan arah longsor	Litologi
29°	Baratdaya (N230 $^{\circ}$ E)	Batusabak dengan warna segar abu-abu, warna lapuk coklat, tekstur lepidoblastik

2. Lokasi Kedua (ST-02)

Pada lokasi kedua $122^{\circ}14'5.8''$ BT- $3^{\circ}43'59.8''$ LS dengan jenis tanah longsor berupa runtuh batuan atau *rockfall*, dengan jenis gerakan jatuh bebas, longsor ini memiliki panjang 200 meter dan tinggi 20 meter, terletak pada satuan bentang alam perbukitan.

Tanah longsor yang terjadi pada lokasi kedua (ST-02) termasuk rawan bencana geologi kategori agak tinggi (skor 4) (BNPB, 2012; Taufik dan Firdaus, 2012) karena tersusun oleh batugamping yang sudah mengalami pelapukan yang cukup tinggi, retak-retak dan sangat mudah lepas, kemiringan lereng sangat terjal (85°), lokasinya termasuk dalam wilayah jalur sesar/ patahan/ gawir, terdapat kekar atau rekahan pada batuan yaitu kekar gerus "*shear joints*" dan kekar tarik "*tension joints*" dan adanya bidang diskontinuitas seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.

Pada lokasi jatuhnya batuan ini, seperti pada Gambar 7, telah dilakukan tambang rakyat oleh masyarakat setempat, dengan menjadikan bongkah batugamping yang telah jatuh sebagai batu pecah atau *chipping* sebagai bahan bangunan sedangkan bongkah yang berdiameter 20-50 cm digunakan untuk keperluan pondasi rumah bagi masyarakat di Desa Tetelupai dan sebagian besar dijual ke daerah lain sebagai bahan pondasi rumah, gedung, jalan maupun jembatan. Ada pun parameter

ancaman bencana tanah longsor lokasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6. Runtuhan Batuan “*rockfall*” Lokasi keempat (ST-02).



Gambar 7. Batugamping yang retak dan mudah lepas sebagai salah satu penyebab terjadinya tanah longsor di lokasi kedua (ST-02).

Tabel 4. Parameter ancaman bencana tanah longsor Lokasi Kedua (ST-02)

Kemiringan Lereng (°)	Kedudukan dan arah longsor	Litologi
85°	Tenggara (N124°E)	Batugamping dengan warna segar abu-abu, warna lapuk coklat, struktur berlapis, tekstur klastik kasar dan komposisi mineral kalsit dan mineral karbonatan

Kesimpulan

Kesimpulan dari kegiatan penelitian mitigasi rawan bencana Kabupaten Konawe Utara yang dilakukan pada jalan Meluhu-Lasolo yaitu, pertama, terdapat 2 titik lokasi rawan bencana dan jenis bencana yaitu bahan rombakan batuan dan tanah (*debris slide*) pada koordinat 122°14',5.8"BT-3°43'59.8"LS (ST-01) dan jatuhnya batuan (*rockfall*) pada koordinat 122°14',5.8"BT-3°43'59.8"LS (ST-02).

Kedua, penyebab terjadinya rawan bencana tanah longsor pada Jalan Meluhu-Lasolo karena memiliki lereng yang terjal, tingkat pelapukan batuan yang tinggi, batuan yang retak-retak dan mudah lepas, termasuk jalur sesar/ patahan/ gawir, lereng terpotong jalan dan adanya rutinitas getaran kendaraan. Sedangkan akibatnya telah merusak saluran drainase dan mengancam jiwa manusia maupun kendaraan yang rutin melewati jalan.

Daftar Pustaka

- BNPB, 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.
- BPBD Kabupaten Konawe Utara, 2016. Data Riwayat Kejadian Bencana Kabupaten Konawe Utara.
- Hoek, E., and Bray., J.W, 1981. Rock Slope Engineering 3rd Ed. Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Karnawati, D., 2007. Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi: Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik. Jurusan Teknik Geologi UGM, D.I. Yogyakarta.
- Pramumijoyo, S dan Karnawati, D., 2006. Penanganan Bencana Gerakan Tanah di Indonesia. Jurusan Teknik Geologi FT UGM. D.I. Yogyakarta.
- Rusmana, E. dan Sukarna, D., 1985. Tinjauan stratigrafi Lengan Tenggara

- Sulawesi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Proceeding of Indonesia Association Geologists (IAGI), 14th Annual Convention, 61-70.
- Simandjuntak, T.O., Rusmana, E., Supandjono, J.B. dan Koswara, A., 1993. Peta Geologi Lembar Bungku, Sulawesi, Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Taufik Q, Firdaus, 2012. Pemetaan Ancaman Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Konawe. Kendari: Fisika FMIPA Universitas Haluoleo.
- Varnes, D.J., 1978. Slope Movement Types and Processes. Landslides; Analisis and control, National Research Council, Washington, D.C.
- Van Zuidam, R. A. 1985. Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. Smith Publisher, The Hague, ITC.

PEMODELAN GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN BANTAR KARET, JAWA BARAT MENGGUNAKAN METODE GRAVITASI

Jamaluddin^{1*}, Maria², Hamriani Ryka¹, Rohima Sera Afifah¹

¹Program Studi Teknik Geologi, STT-Migas Balikpapan, Indonesia.

²Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

*Penulis koresponden. Alamat email: jamaluddin@sttmigas.ac.id

Abstrak

Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk mendapatkan informasi tentang gambaran bawah permukaan melalui perbedaan rapat massa antar batuan di sekitarnya. Data anomali gravitasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang sudah dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan mereduksi data gravitasi pengamatan sampai diperoleh nilai anomali Bouguer lengkap. Hasil interpretasi anomali medan gravitasi menunjukkan bahwa jenis batuan yang ada di bawah permukaan daerah penelitian adalah peridotit, riolit, dan basalt. Batuan dengan densitas tertinggi yaitu peridotit dengan nilai densitas 3.341 gr/cm^3 . Hal tersebut dikarenakan adanya proses intrusi yang membentuk batuan beku jenis peridotit dan dua sesar karena terdapat dua batas zona yang memiliki perbedaan densitas yang sangat signifikan.

Kata kunci: anomali; bawah permukaan; metode gravitasi; rapat massa.

Abstract

Gravity method is one of the geophysical methods that is often used to obtain information about the subsurface through differences density of the rocks around it. Gravity anomaly data used in this study is primary data that has been processed data. Data processing is obtained by reducing gravity observation data until complete Bouguer anomaly values. The results of the interpretation of the gravity anomaly show that the types of rocks in subsurface of the study area are peridotite, rhyolite and basalt. The rock with the highest density is peridotite with a density value of 3.341 gr/cm^3 . This is due to the intrusion process to forming peridotite and there are two zones boundaries which have very significant density differences.

Keywords: anomaly; subsurface; gravity method; density.

Pendahuluan

Struktur bumi paling luar tersusun dari lapisan kerak benua dan kerak samudera. Kedua lapisan tersebut memiliki perbedaan densitas (kerapatan) yang dapat mempengaruhi medan gravitasi bumi. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan

bawah permukaan berdasarkan variasi rapat massa batuan pada suatu daerah penelitian adalah dengan menggunakan metode gravitasi.

Metode gravitasi merupakan metode eksplorasi geofisika dengan cara mengukur percepatan gravitasi di bawah permukaan bumi yang diakibatkan karena adanya

perbedaan densitas batuan dari suatu daerah (Blakely, 1996). Metoda ini cukup baik digunakan untuk mendefinisikan daerah target spesifik untuk selanjutnya disurvei dengan metode geofisika lain yang lebih detil. Adanya suatu sumber yang berupa suatu massa (masif, lensa, atau bongkah besar) di bawah permukaan akan menyebabkan terjadinya gangguan medan gayaberat (relatif). Gangguan ini disebut sebagai anomali gayaberat. Karena perbedaan medan gayaberat ini relatif kecil maka diperlukan alat ukur yang mempunyai ketelitian yang cukup tinggi sehingga variasi medan gayaberat di permukaan bumi dapat diukur dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya. Pada penelitian ini dilakukan interpretasi dan pemodelan untuk mengetahui variasi rapat massa bawah permukaan pada daerah Bantar Karet, Jawa Barat.

Prinsip Dasar Metode Gayaberat

Prinsip dasar dari metode gayaberat/gravitasi ini adalah menggunakan hukum gravitasi newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik dua titik yang memiliki massa m_1 dan m_2 yang terpisah pada jarak r maka dapat ditulis persamaan tersebut (Serway dan Jewet, 2009):

$$\vec{F} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

F adalah gaya yang ditimbulkan antara dua partikel yang bermassa m_1 dan m_2 , r adalah jarak antar dua partikel, \hat{r} adalah vektor satuan dari m_1 dan m_2 , dan γ adalah konstanta gravitasi universal ($6.6732 \times 10^{-11} \text{N m}^2/\text{kg}^2$).

Percepatan benda m_2 yang disebabkan oleh hadirnya benda m_1 dapat ditentukan dengan membagi F dengan m_2 . Secara khusus, bila m_1 adalah massa dari bumi (M_e) maka percepatan dari suatu massa m_2 di permukaan bumi adalah (Lowrie, 2007):

$$g = \frac{F}{m_2} = \gamma \frac{M_e}{R_e^2} \quad (2)$$

Re: jari – jari bumi.

Dalam survey gayaberat diharapkan hanya variasi densitas bawah permukaan saja, sehingga faktor – faktor lain harus dikoreksi, antara lain:

1. Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Koreksi pasang surut disebabkan karena adanya pengaruh dari pasang surut. Koreksi tersebut dilakukan untuk menghilangkan efek gravitasi benda-benda di luar bumi seperti matahari dan bulan. Besarnya perubahan yang disebabkan ini bervariasi terhadap lintang, waktu bulanan, waktu tahunan (Untung, 2001).

2. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Koreksi apungan terjadi karena adanya perbedaan pembacaan percepatan gravitasi pada stasiun yang sama akan tetapi waktu yang berbeda. Untuk menghilangkan efek ini, akuisisi data didesain dalam suatu rangkaian tertutup, sehingga besar penyimpangan tersebut dapat diketahui dan diasumsikan linier pada selang waktu tertentu (t) (Reynolds, 1997). Persamaan untuk koreksi apungan dapat dilihat pada persamaan berikut ini (Reynolds, 1997):

$$drift = \frac{(g_n - g_0)}{(t_n - t_0)} (t_n - t_0) \quad (3)$$

t_n adalah waktu ke- n ; t_0 waktu pada pembacaan pertama; g_n adalah hasil bacaan percepatan gravitasi ke- n ; g_0 adalah hasil bacaan percepatan gravitasi yang pertama.

3. Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

Spheroid referensi ($g_{lintang}$) diberikan oleh persamaan GRS67 (Telford et al., 1990):

$$g_{lintang} = 978031.846(1 + 0.005278895 \sin^2 \Phi + 0.000023462 \sin^4 \Phi) \quad (4)$$

Keterangan;

Φ : sudut lintang

g_{lintang} : gaya berat normal pada lintang Φ (mGal)

4. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi udara bebas merupakan koreksi yang dilakukan karena adanya pengaruh ketinggian terhadap medan gravitasi bumi, Besarnya faktor koreksi (*Free Air Correction/ FAC*) untuk daerah ekuator hingga lintang 45° atau -45° adalah $-0,3085$ mGal/m. Sehingga besarnya anomali pada posisi tersebut menjadi FAA (*Free Air Anomaly*) (Reynolds, 1997), yaitu :

$$\text{FAA (R+h)} = g_{\text{obs}} - g(\text{R}) + 0.3085h \quad (5)$$

Dengan:

FAA : *Free Air Correction*

g_{obs} : percepatan gravitasi observasi

h : Ketinggian yang telah dikoreksi

$g(\text{R})$: Nilai percepatan gravitasi yang telah dikoreksi lintang.

5. Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction/BC*)

Koreksi *Bouguer* dilakukan dengan menggunakan pendekatan benda berupa *slab* tak berhingga yang besarnya diberikan oleh persamaan (Kearey et al., 2002):

$$\text{BC} = 2\pi G\rho h \quad (6)$$

6. Koreksi Topografi (*Terrain Correction*)

Koreksi tersebut dikarenakan adanya akibat dari pendekatan Bouguer. Hal ini yang bersifat mengurangi dalam SBA (*Simple Bouguer Anomaly*), sehingga dalam penerapan koreksi medan, efek gravitasi blok-blok topografi yang tidak rata harus ditambahkan terhadap SBA. Dengan demikian anomali gaya berat menjadi (Blakely, 1996):

$$\text{CBA} = g_{\text{obs}} - g\phi + 0,3085h - \text{BC} + \text{TC} \quad (7)$$

dengan CBA adalah *Complete Bouguer Anomaly* dan TC adalah *Terrain Correction*. Untuk menghitung *Terrain Correction* (TC) dapat digunakan persamaan (Reynolds, 1997):

$$\text{TC} = 0,04191 \frac{\rho}{n} \left(r_2 - r_1 + \sqrt{r_1^2 + z^2} - \sqrt{r_2^2 + z^2} \right) \quad (8)$$

Metode Penelitian

Data yang diperoleh dalam akuisisi (data mentah) diteruskan ke *processing* data kemudian diolah dengan menggunakan beberapa *software* yaitu Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai CBA lalu dengan menggunakan program Surfer 10 dibuat peta CBA (*Complete Bouguer Anomaly*) untuk membuat peta anomali regional dan residual. Selanjutnya dilakukan *Moving Average* untuk mengetahui nilai densitas dari suatu daerah tersebut.

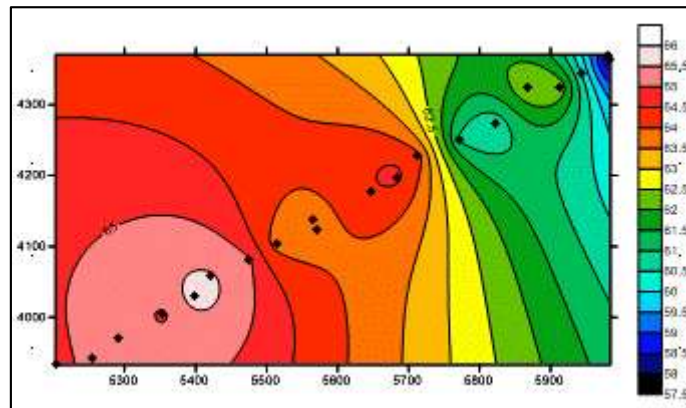
Hasil dan Pembahasan

Variasi densitas bawah permukaan relatif kecil sehingga diperlukan alat dengan ketelitian yang cukup tinggi sehingga dalam proses akuisisi datanya digunakan Gravimeter. Jenis gravimeter yang digunakan untuk pengambilan data di lapangan adalah *Gravimeter Autograv CG-5*. Gravimeter jenis ini tidak menggunakan skala analog tetapi sudah dilengkapi dengan koreksi percepatan gravitasi observasi absolut dan sehingga nilai yang dihasilkan tidak berupa alloid.

Nilai percepatan gravitasi di setiap tempat di permukaan bumi dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain gaya tarik menarik benda-benda angkasa, ketinggian, topografi di sekitar titik pengukuran dan lintang. Oleh sebab itu, nilai bacaan pada alat berupa nilai percepatan gravitasi relatif sehingga untuk mendapatkan nilai percepatan gravitasi yang sebenarnya dilakukan koreksi-koreksi. Koreksi-koreksi

tersebut antara lain Koreksi Pasang Surut, Koreksi Drift, Koreksi Lintang, Koreksi Udara Bebas, dan Koreksi Bouguer. Koreksi Pasang Surut dilakukan akibat adanya pengaruh gaya tarik benda-benda lain, misalnya bulan dan matahari dan juga karena adanya rotasi bumi. Setelah data tersebut dikoreksi maka didapatkan nilai

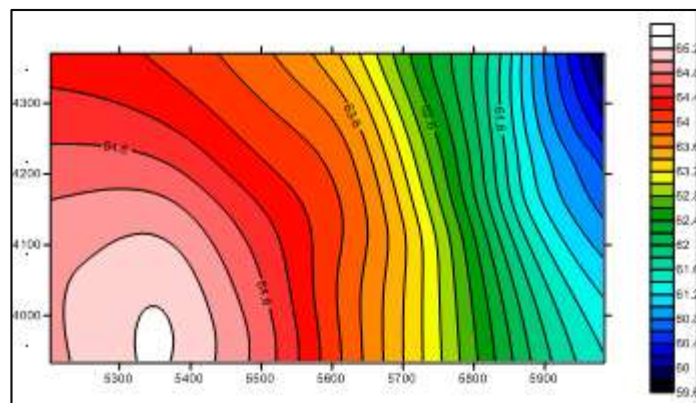
Complete Bouguer anomaly (CBA). Nilai CBA merupakan akumulasi percepatan gravitasi dari titik observasi sampai kedalaman yang tidak diketahui (relatif pada *basement*). Berdasarkan nilai CBA tersebut maka dihasilkan peta CBA, seperti pada Gambar 1, dengan menggunakan *software Surfer*.



Gambar 1. Peta anomali Bouguer lengkap.

Metode gravitasi dalam hal ini digunakan untuk keperluan mengetahui kondisi bawah permukaan berdasarkan sebaran nilai variasi rapat massa sehingga yang dimodelkan adalah peta anomali residual. Anomali residual cukup dangkal dibandingkan dengan anomali regional sebab anomali residual berkaitan dengan frekuensi tinggi sehingga yang dihasilkan

adalah peta anomali yang dekat dengan permukaan (*source*). Sebaliknya, anomali regional berkaitan dengan frekuensi rendah sehingga memiliki kedalaman yang lebih dalam dibanding residual. Hal ini disebabkan oleh adanya atenuasi gelombang dimana frekuensi akan terus melemah seiring pertambahan jarak dan waktu (Gambar 2).



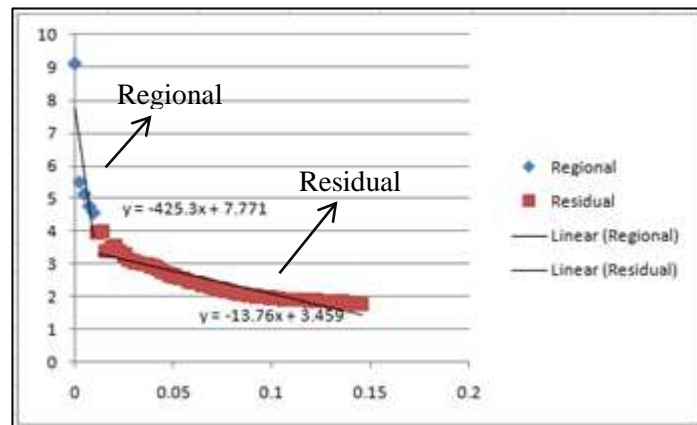
Gambar 2. Peta Anomali Regional.

Untuk mendapatkan anomali residual perlu dilakukan pemisahan (*filtering*) CBA menjadi anomali regional dan anomali

residual. Banyak metode *filtering* yang dapat digunakan untuk memisahkan anomali tersebut. Salah satunya yaitu *Moving*

Average dan *Second Vertical Derrivative (SVD)*. Namun, pada kasus ini metode *filtering* yang digunakan adalah metode *Moving Average*. Sebelum dilakukan pemisahan, peta CBA perlu dianalisis spektral. Analisis spektral bertujuan untuk estimasi kedalaman dan menentukan jumlah maksimal *window* yang akan digunakan pada proses filterasi (pemisahan). Peta CBA yang telah diiris berisi spasi dan nilai CBA. Karena analisis spektral memanfaatkan analisis fourier maka penambahan spasi yang digunakan tetap. Sehingga dibutuhkan spasi baru dan CBA baru yang bergantung pada nilai spasi dan CBA yang didapatkan dari hasil *slice*.

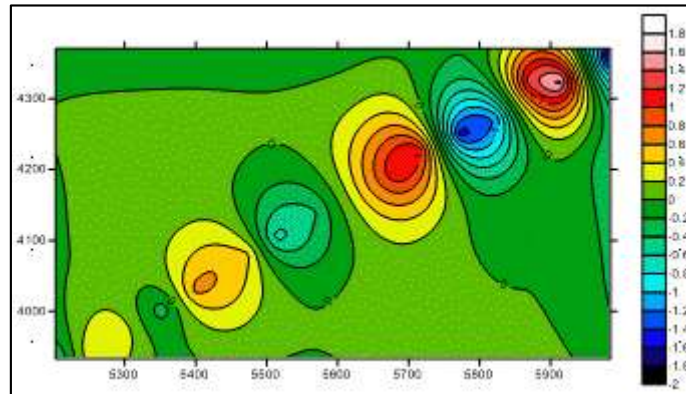
Spasi baru dan CBA baru tersebut diolah dengan NUMERI.EXE. *Software* ini menggunakan prinsip Tranformasi Fourier. Sehingga data yang sebelumnya dalam domain waktu dapat ditransfomasi dalam domain frekuensi. Hasil yang didapatkan berupa nilai real dan imajiner serta frekuensi. Nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai amplitudo (A), bilangan gelombang (k), dan logaritma natural amplitudo (ln A). Korelasi antara k dan ln A menghasilkan grafik yang memperlihatkan nilai gradien dan nilai konstanta untuk regional dan residual. Sehingga dapat dihitung nilai *cut off* dan *window* (Gambar 3).



Gambar 3. Korelasi antara k dan ln A

Window yang dihasilkan merupakan nilai maksimal yang akan digunakan pada proses filterasi *Moving Average*. Perlu diperhatikan bahwa semakin kecil nilai *window* maka akan semakin mirip dengan data asli. Begitupun sebaliknya, semakin besar nilai *window* maka akan semakin banyak data yang tersamarkan. Metode *Moving Average* merupakan metode *low pass filter*, yaitu mampu meloloskan frekuensi rendah dan memfilter frekuensi tinggi. Sehingga peta yang dihasilkan berupa peta anomali regional. Karena yang dimodelkan adalah peta residual maka

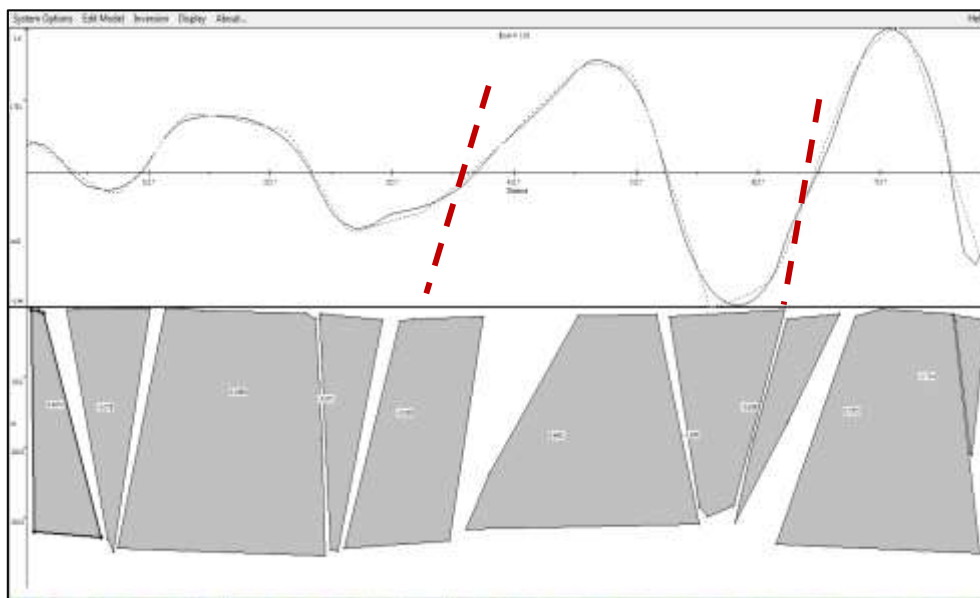
dilakukan pengurangan peta CBA dengan peta anomali regional untuk memperoleh peta anomali residual. Peta anomali residual tersebut dapat dijadikan sebagai analisis awal terhadap adanya sesar atau intrusi. Pada peta tersebut diperlihatkan daerah yang memiliki nilai percepatan gravitasi yang tinggi dan daerah yang memiliki percepatan gravitasi yang rendah. Secara teori, sesar kemungkinan terdapat pada batas zona dengan nilai densitas tinggi dan dengan nilai densitas rendah (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Anomali Residual

Untuk lebih mendetailkan analisis mengenai sesar tersebut, peta anomali residual tersebut kemudian diiris dan dimodelkan pada *software* Grav2dc. Hal ini bertujuan untuk mengetahui model variasi densitas batuan yang ada di bawah permukaan sepanjang daerah yang telah diiris. Nilai yang terdapat pada *body* dalam model Grav2dc bukanlah nilai densitas melainkan nilai kontras densitas. Nilai

densitas batuan tersebut diperoleh dengan mengurangi densitas batuan dominan dengan nilai kontras densitas pada *body* dalam model tersebut. Untuk model lintasan panjang sumbu x yaitu ± 800 meter dengan kedalaman 200 meter.



Gambar 5. Model penampang bawah permukaan.

Berdasarkan hasil proses *matching* didapatkan kontras densitas yang ditunjukkan pada Gambar 5. Selanjutnya nilai kontras densitas tersebut kemudian dikurangkan dengan nilai densitas andesit sebesar $2,67 \text{ gr/cm}^3$ sehingga didapatkan

variasi nilai rapat massa batuan pada daerah tersebut (Tabel 1).

Berdasarkan pemodelan bawah permukaan daerah penelitian, batuan yang dominan menjadi sumber anomali adalah peridotit, riolit, dan basalt (Telford et al., 1990). Hal

tersebut terjadi karena adanya proses intrusi sehingga membentuk batuan beku jenis peridotit dan terdapat dua sesar karena terdapat dua batas zona yang memiliki perbedaan densitas yang sangat signifikan (Gambar 5). Satuan litologi daerah penelitian terdiri atas satuan tuf laminasi, satuan breksi vulkanik, satuan lava andesit, satuan tuf lapilli, satuan tuf dan satuan intrusi dasit (Febriyana dkk., 2014).

Tabel 1. Nilai kontras densitas dan densitas hasil pengukuran.

Kontras densitas (gr/cm ³)	Densitas hasil pengolahan (gr/cm ³)	Jenis batuan (Telford et al., 1990)
0,4574	2,2126	Clay
-0,378	3,048	Basalt
0,2686	2,4014	Riolit
-0,671	3,341	peridotit
-0,3	2,97	peridotit
0,6451	2,0249	Sand
-0,16	2,83	Basalt
-0,639	3,309	peridotit
0,7873	1,8827	Sand

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa Nilai *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) daerah Bantar Karet, Jawa Barat berkisar antara 57,5 - 66 mGal. Anomali rendah terletak di bagian timur, timurlaut dan utara. Anomali tinggi terletak di bagian baratdaya dan tenggara. Nilai anomali rendah berasosiasi dengan nilai kontras rapat massa batuan yang kecil sedangkan nilai anomali tinggi berasosiasi dengan nilai kontras rapat massa batuan yang tinggi. Perubahan nilai anomali rendah ke tinggi yang sangat signifikan terlihat di bagian timur. Perubahan ini disebabkan oleh perubahan nilai kontras rapat massa batuan yang terjadi akibat tebalnya sedimentasi.

Berdasarkan interpretasi kuantitatif, diperoleh variasi nilai rapat massa batuan yang mengindikasikan daerah tersebut dominan batuan peridotit, riolit, dan basalt.

Batuan dengan densitas tertinggi yaitu peridotit dengan nilai densitas 3,341 gr/cm³. Hal tersebut terjadi karena adanya proses intrusi sehingga membentuk batuan beku jenis peridotit dan terdapat dua sesar karena terdapat dua batas zona yang memiliki perbedaan densitas yang sangat signifikan.

Daftar Pustaka

- Blakely, R.J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications: Cambridge University Press, New York, 441 p.
- Febriyana, R.D, Aribowo, Y, Widiarso. D.A, 2014, Geologi dan alterasi hidrotermal Daerah Bantar Karet dan sekitarnya Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, Geological Engineering E-Journal. Vol. 6(1), 218-232.
- Kearey, P., Keith, A.K., Vine, F.J. 2009. *Global Tectonics*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Reynold, J. M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons Inc., England.
- Serway, Raimond A. dan Jhon W. Jewet, Jr., 2009. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys. D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Untung. M., 2001, *Dasar – Dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya*, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), Jakarta.

IDENTIFIKASI BATUAN BAWAH PERMUKAAN DAERAH LONGSOR KELURAHAN KAMBO KOTA PALOPO MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE

Aryadi Nurfalaq*, Andi Jumardi

Program Studi Informatika Universitas Cokroaminoto Palopo

*Penulis koresponden. Alamat email: aryadinurfalaq@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi batuan bawah permukaan daerah longsor di Kelurahan Kambo berdasarkan data resistivitasnya. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian yaitu pembuatan peta kemiringan lereng menggunakan citra SRTM, Survey lapangan untuk pemetaan daerah titik longsor dan survey geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* untuk mengetahui batuan bawah permukaan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa lokasi penelitian memiliki kemiringan lereng landai-curam. Di beberapa titik terdapat longsor berupa longsor rayapan dan translasi. Batuan bawah permukaan terdiri dari batuan nilai resistivitas 9,5 – 105 Ohm.m berada pada permukaan hingga kedalaman 10 m. Lapisan ini merupakan lapisan batuan berupa lempung hasil pelapukan batuan basal, kenampakan lapangan berwarna coklat. Lapisan di bawahnya merupakan lapisan batuan yang ditafsirkan sebagai basal yang memiliki nilai tahanan jenis 105 – 2571 Ohm.m. Batas antara kedua lapisan ini merupakan bidang gelincir longsor dengan nilai resistivitas 233 Ohm.m. Jenis longsor yang dihasilkan dari kondisi di Kelurahan Kambo adalah tipe translasi.

Kata Kunci: geolistrik; Kambo; longsor.

Abstract

This study aims to identify subsurface rocks landslides area in Kambo Village based on the resistivity data. In this study several stages of research were carried out, namely making slope maps using SRTM imagery, field surveys for landslide point mapping and dipole-dipole configuration geoelectric survey to determine subsurface rocks. Based on the results of the study it was found that the study location had a sloping-steep slope. At some point there are avalanches in the form of crawled and translucent landslides. The subsurface rocks consist of rock resistivity values 9.5 - 105 Ohm.m located on the surface to a depth of 10 m. This layer is a layer of rock in the form of weathering clay from basalt rock, field appearance is a brown. The bottom layer is a layer of rock which is interpreted as basalt which has a resistivity value of 105-2571 Ohm.m. The boundary between these two layers is the slip surface with the value of resistivity 233 Ohm.m. The type of landslide that resulted from conditions in Kambo Village is a translational type.

Keywords: geoelectric; Kambo; landslide.

Pendahuluan

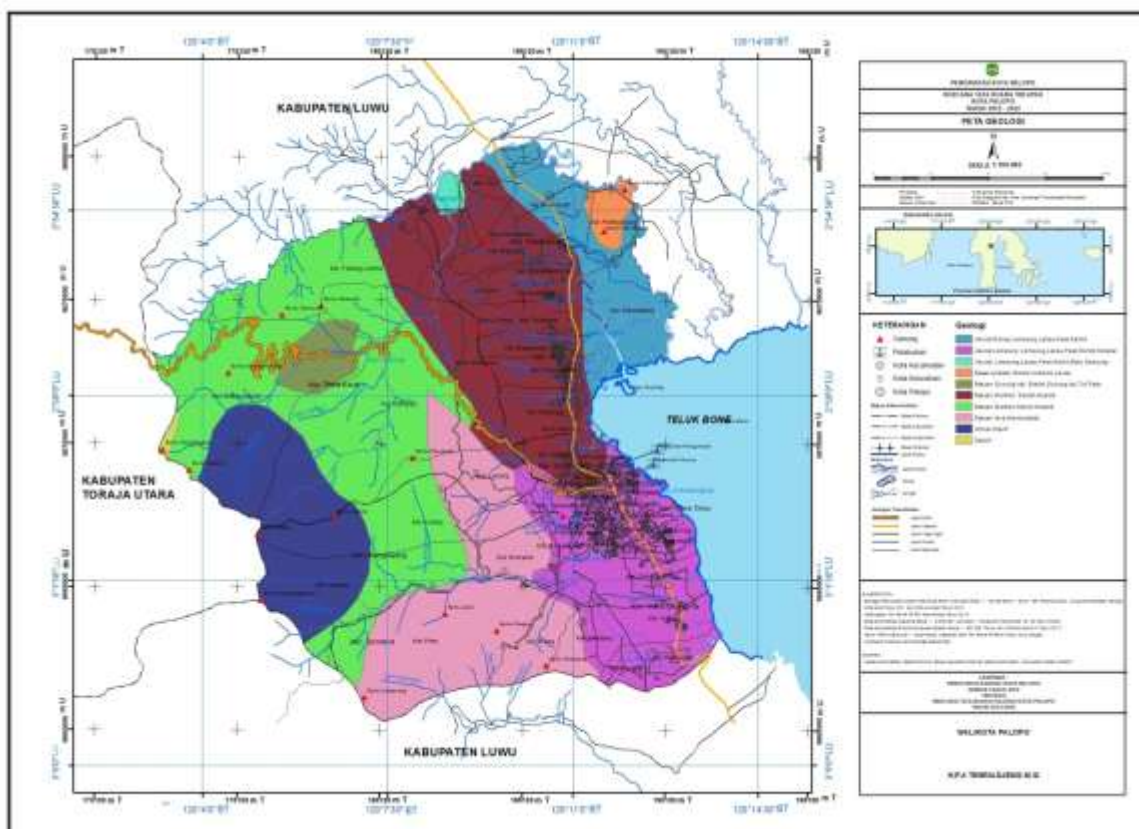
Kota Palopo merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi tinggi terjadinya bencana longsor. Berdasarkan peta perkiraan wilayah terjadinya gerakan tanah pada bulan Mei 2017 Provinsi Selatan Kota Palopo merupakan daerah potensi terjadinya gerakan tanah dalam kategori Tinggi (Kementerian ESDM, 2017). Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Palopo (Redaksi Palopo Pos, 2016) menyatakan bahwa untuk wilayah rawan longsor di Kota Palopo terdapat di 3 (tiga) kecamatan, yakni Kecamatan Wara Barat, Kecamatan Sendana, dan juga Kecamatan Mungkajang, dimana wilayahnya berada di Latuppa, Kambo, Lebang, Battang, Sampoddo, dan Purangi. Salah satu kejadian longsor yang terjadi di Kelurahan Kambo terjadi pada tanggal 25 Oktober 2016 yang mengakibatkan robohnya talud jalan dan menimpa satu rumah warga (Redaksi Palopo Pos, 2016). Salah satu rumah warga Kambo terkena longsor sehingga rumah menjadi amblas (Padli

dkk., 2017). Selain itu, metode geolistrik digunakan untuk mengidentifikasi bidang gelincir longsor di Kecamatan Mungkajang (Manrulu & Nurfalaq, 2017).

Ada beberapa faktor yang menentukan tingkat kerentanan suatu wilayah terhadap longsor diantara kemiringan lereng dan kondisi geologi suatu daerah.

Kemiringan Lereng

Semakin curam lereng dan panjang maka kecepatan aliran permukaan meningkat sehingga daya angkutnya juga meningkat. Semakin panjang lereng maka volume air yang mengalir semakin besar pula sehingga kecepatan aliran juga semakin besar dan benda yang bisa diangkut akan lebih banyak (Martono, 2004). Peta kemiringan lereng dapat dibuat dengan memanfaatkan Citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) resolusi 30 m yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah longsor di Wara Barat sepanjang jalan poros Palopo-Toraja (Manrulu & Nurfalaq, 2018).



Gambar 1. Peta Geologi Kota Palopo (Pemerintah Kota Palopo, 2011).

Ada pun pembobotan kelas kemiringan lereng mengikuti tabel 1, berikut ini:

Tabel 1. Klasifikasi Pembobotan Parameter Kemiringan Lereng (Syafri dkk., 2015)

No	Kemiringan Lereng (%/derajat)	Kelas
1	<8/(0-5)	Datar
2	8 – 15/(5-7,5)	Landai
3	15 – 25/(7,5-13,5)	Agak curam
4	25 – 45/(13,5-25,5)	Curam
5	>45/(>25,5)	Sangat curam

Kondisi Geologi Kota Palopo

Berdasarkan Peta Geologi Kota Palopo (Gambar 1), struktur batuan di Kota Palopo pada umumnya terdiri dari beberapa jenis batuan beku, batuan metamorf dan batuan vulkanik serta endapan alluvial yang mendominasi hampir di seluruh wilayah Kota Palopo.

Batuan beku Kota Palopo secara umum terdiri dari intrusi batuan beku granit dan gabro serta beberapa intrusi kecil lainnya. Kemudian dijumpai pula batuan beku yang merupakan jejak aliran lava yang telah membeku yang bersusunan basaltik hingga andesitik. Batuan sedimen Kota Palopo didominasi oleh batugamping, batupasir, dan konglomerat, sedangkan batuan metamorf yang dijumpai meliputi batuan metasedimen. Batuan vulkanik yang dijumpai terdiri dari tufa dan breksi vulkanik. Sedangkan endapan-endapan alluvial terdiri dari material-material bersusunan kerakal, kerikil, pasir hingga lempung. Jenis batuan lainnya yang merupakan pelapukan bahan pembentuk tanah yang mempunyai kandungan potensial di Kota Palopo antara lain batugamping dan marmer dengan lokasi penyebarannya di Kecamatan Telluwanua, batuan granit dan granodiorit untuk bahan bangunan lantai rumah, batu hias dinding dan sebagainya serta untuk pengerasan jalan (agregat). Lokasi penyebarannya di Kecamatan Wara dan Wara Selatan, batusabak, filit, kuarsit, batugamping, dan batulanau, terdapat di Kecamatan Wara,

Wara Utara dan Bagian Barat Kota Palopo (Pemerintah Kota Palopo, 2011).

Berdasarkan peta geologi yang diterbitkan oleh Pemerintah Kota Palopo (2011), jenis batuan penyusun daerah Kota Palopo berdasarkan umur pembentukannya yang diurut dari batuan yang termuda hingga yang tertua, yaitu;

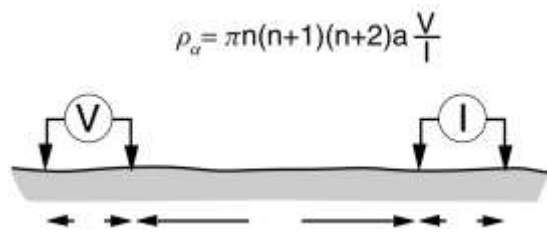
- a. Kelompok endapan alluvial (termasuk didalamnya endapan Qal atau terumbu lokal) yang termasuk di dalamnya endapan alluvial berupa kerakal, kerikil, pasir dan batu, serta terumbu koral yang tersebar di sepanjang pantai dan alur aliran Sungai Latuppa.
- b. Batuan Tmb; terdiri dari napal dan sisipan batugamping setempat-tempat, mengandung batupasir gampingan, konglomerat dan breksi. Selain itu terdapat beberapa kelompok intrusi batuan beku yang terdiri dari granit dan gabro. Batuan granit ini dijumpai pada Kecamatan Wara dan Kecamatan Telluwanua.
- c. Batuan Tol, yaitu kelompok batuan hasil pembekuan aliran lava yang bersusunan basaltik hingga andesitik, kemudian breksi vulkanik, batupasir dan batulanau, serta batuan setempat-tempat mengandung *fieldsphatoid*. Batuan ini tersusun di bagian selatan Kota Palopo dan banyak tersebar di daerah Kecamatan Wara Selatan.
- d. Batuan Tet, yaitu terdiri dari serpih, batugamping dan batupasir dengan sisipan konglomerat. Kelompok batuan ini terdapat di Kecamatan Wara dan Kecamatan Telluwanua.
- e. Batuan TKI, yaitu terdiri dari batuan-batuan yang mengalami metamorfisme antara lain serpih, filit, rijang, marmer, kuarsit dan beberapa bagian di utara Kota Palopo masuk dalam wilayah Kecamatan Wara dan Kecamatan Wara Selatan.

Lokasi penelitian terletak di lereng Bukit Kambo dimana batuan penyusun berupa

lempung hasil pelapukan batuan basal. Kenampakan lapangan berwarna coklat.

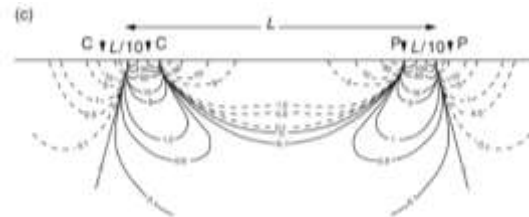
Geolistrik Konfigurasi Dipole-dipole

Pendekatan yang lebih mudah dipahami mengenai kajian gejala kelistrikan bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium homogen (jenis litologi sama) dan bersifat isotropis (diukur dari berbagai arah akan memberikan harga yang sama). Medan listrik dari sumber titik di dalam bumi merupakan simetri bola. Pada prinsipnya metode geolistrik menggunakan penginjeksian arus listrik melalui sepasang elektroda arus C_1 dan C_2 yang ditancapkan ke tanah. Kemudian sepasang elektroda P_1 dan P_2 lainnya digunakan untuk mengukur potensial yang ditimbulkan oleh injeksi arus tersebut yang juga ditempatkan di permukaan bumi. Dengan mengetahui besarnya arus yang diinjeksikan dan potensial yang terukur maka tahanan jenis batuan bawah permukaan dapat diketahui (Manrulu & Nurfalaq, 2017).



Gambar 1. Susunan elektroda pada konfigurasi dipole-dipole (Milsom, 2003)

Metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* (Gambar 2) merupakan salah satu konfigurasi yang populer karena pemisahan lengkap dari rangkaian arus dan tegangan mengurangi kerentanan terhadap *noise* induktif. Pada prinsipnya, semakin besar nilai n , semakin dalam penetrasi arus lintasan sampel (Gambar 3). Informasi perubahan kedalaman diperoleh dengan mengubah n . Ketika *dipole-dipole* diperluas, semua elektroda dipindahkan dan kontribusi dari tubuh batuan dekat permukaan bervariasi dari setiap pembacaan. Hasil biasanya diplot dalam bentuk *pseudo-sections* (Milsom, 2003).



Gambar 3. Kontribusi sinyal pada konfigurasi dipole-dipole (Milsom, 2003).

Nilai resistivitas batuan merujuk pada tabel resistivitas batuan yang disusun oleh Loke (1999) dan Telford et al (1990) (tabel 2).

Tabel 2. Harga resistivitas berbagai batuan, mineral (Loke, 1999); * (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990)

Material	Resistivity (Ohm.m)
<i>Igneous and Metamorphic Rocks</i>	
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$
Basalt	$10^3 - 10^6$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$
<i>Sedimentary Rocks</i>	
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$
Shale	$200 - 8000^*$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$
Gravel	$100 - 600^*$
<i>Soils and water</i>	
Clay	$1 - 100$
Alluvium	$10 - 800$
Groundwater	$10 - 100$
	$0,5 - 300^*$
Sea water	$0,2$

Faktor geometri konfigurasi ini diberikan oleh persamaan

$$K = \pi n(n + 1)(n + 2)a \tag{1}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung tahanan jenis semu adalah:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \tag{2}$$

Pemukiman masyarakat di Kelurahan Kambo berada pada lereng bukit sehingga sangat berpotensi terjadinya longsor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi batuan bawah permukaan daerah longsor di Kelurahan Kambo berdasarkan data resistivitasnya. Manfaat dari penelitian ini sebagai langkah awal dalam mitigasi bencana longsor di kawasan pemukiman Kelurahan Kambo.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Kambo Kecamatan Mungkajang, Kota Palopo. Dalam penelitian ini, lokasi difokuskan di sepanjang jalan poros kelurahan yang menghubungkan Kelurahan Kambo dengan kelurahan sekitarnya.

Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini langsung diambil di lapangan. Data yang diambil berupa data deskripsi kemiringan lereng dan kejadian longsor di lokasi penelitian dan pengukuran geolistrik tahanan jenis. Ada pun tahapan pengumpulan data sebagai berikut:

1. Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Kelurahan Kambo.

Peta kemiringan lereng lokasi penelitian dibuat dengan memanfaatkan data DEM SRTM resolusi 30 m.

2. Pemetaan Lokasi Longsor di Kelurahan Kambo

Pemetaan lokasi longsor dilakukan di sepanjang jalan poros Kelurahan Kambo yang dibagi ke dalam tujuh stasiun pengamatan. Setiap stasiun pengamatan dicatat koordinatnya menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

3. Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis.

Alat yang digunakan adalah seperangkat alat resistivitymeter tipe IPMGEO 4100. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi *dipole-dipole* dengan panjang bentangan 60 m dan jarak antar elektroda 5 m.

Pengolahan dan Analisis Data

Pembuatan peta kemiringan lereng memanfaatkan perangkat lunak pengolah data SIG. Reklasifikasi kelas kemiringan lereng merujuk pada Tabel 1.

Pemetaan daerah longsor Kelurahan Kambo juga menggunakan perangkat lunak pemetaan. Data koordinat yang diperoleh hasil survey lapangan kemudian diplot. Hasil ini selanjutnya dideskripsikan sesuai dengan pengamatan lapangan.

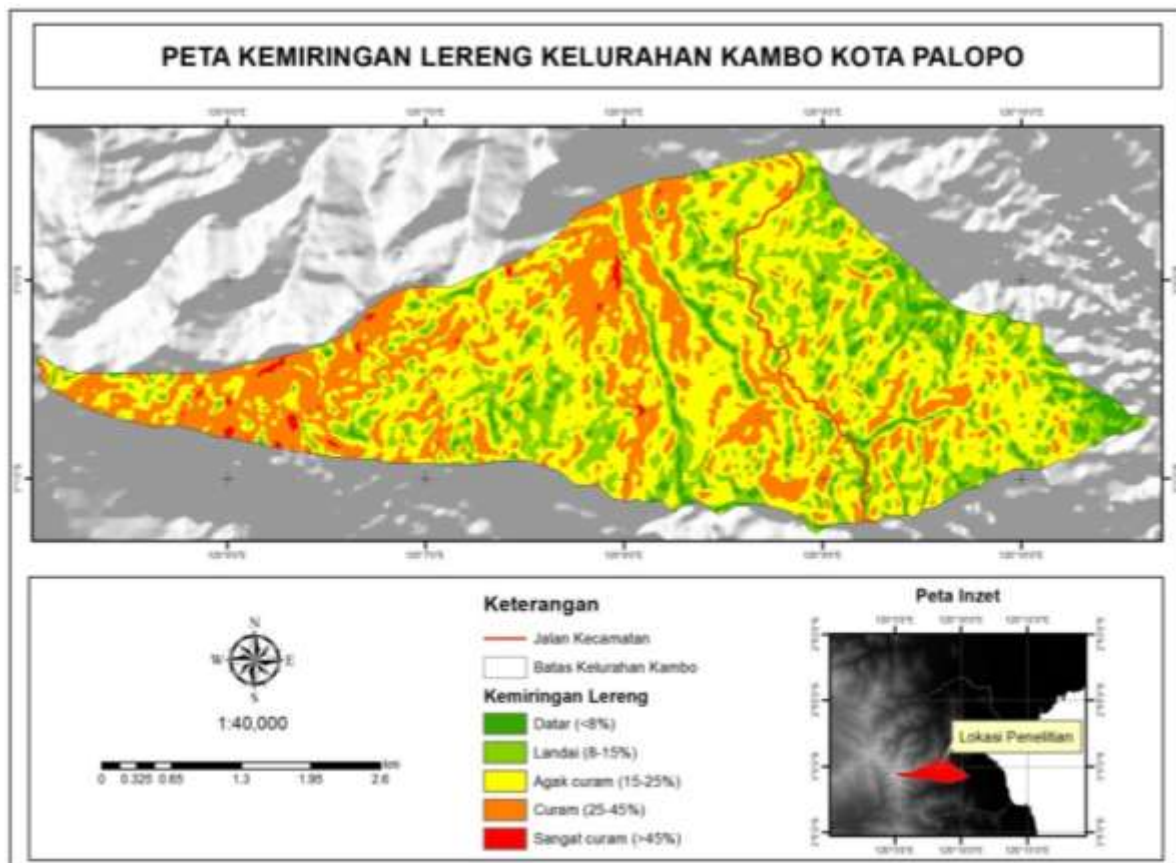
Lintasan pengukuran geolistrik terletak pada lereng sisi jalan. Pada lokasi ini terdapat indikasi terjadinya longsor berupa terdapat retakan pada jalan. Data yang diperoleh berupa data potensial dan kuat arus yang mengalir dalam batuan. Untuk memperoleh tahanan jenis semu dihitung menggunakan Pers. (2). Selanjutnya penampang tahanan jenis diperoleh dari hasil inversi Res2Dinv.

Hasil dan Pembahasan

Kemiringan Lereng Kambo

Peta kemiringan lereng Kambo diperoleh dari pemanfaatan citra SRTM resolusi 30 m. Citra SRTM tersebut diproses menggunakan aplikasi pengolah SIG. Kemiringan lereng Kambo dibagi ke dalam lima kelas lereng berdasarkan Tabel 1. Hasil pengklasifikasian tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.

Kemiringan lereng di Kelurahan Kambo umumnya Landai – Sangat Curam. Untuk daerah yang memiliki kemiringan lereng Curam ($13,5^{\circ} - 25,5^{\circ}$) menempati sekitar 25,7% daerah penelitian. Kemiringan lereng Sangat Curam ($>25,5^{\circ}$) menempati daerah penelitian sekitar 0,5%. Kemiringan lereng Landai ($5^{\circ} - 7,5^{\circ}$) menempati sekitar 21,4% daerah penelitian. Kemiringan lereng Datar ($<5^{\circ}$) menempati sekitar 4,8% daerah penelitian umumnya berada berada di bagian timur.



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng Kelurahan Kambo



Gambar 5. Peta Pengamatan Titik Longsor Kelurahan Kambo

Sepanjang jalan poros Kelurahan Kambo yang merupakan lokasi survey memiliki kemiringan lereng Landai-Curam. Di

sepanjang jalan ini merupakan kawasan pemukiman. Hasil pengamatan di bagian selatan telah terjadi beberapa longsor.

Titik Longsor Kelurahan Kambo

Pengamatan titik longsor Kelurahan Kambo dilakukan di lima stasiun pengamatan (Gambar 5) yaitu ST1, ST2, ST3, ST4 dan ST5. Stasiun pengamatan ST1 terletak pada koordinat 3°00'14,598"S, 120°08'42,264"E. Pada titik ini terdapat longsor berupa retakan-retakan pada aspal. Stasiun pengamatan ST2 terletak pada koordinat 3°00'21,6"S, 120°8'50,1"E merupakan titik longsor dengan jenis longsor translasi. Stasiun pengamatan ST3 berada pada koordinat 3°00'42,234"S, 120°09'3,564"E juga terdapat longsor berupa retakan tanah pada aspal. Stasiun pengamatan ST4 berada pada koordinat 3°00'47,988"S, 120°09'8,406"E terdapat bekas longsor yang telah diberi tembok penahan. Pada stasiun pengamatan ST5 terletak pada koordinat 3°00'47,988"S, 120°9'8,406"E juga terdapat longsor berupa retakan tanah pada aspal.

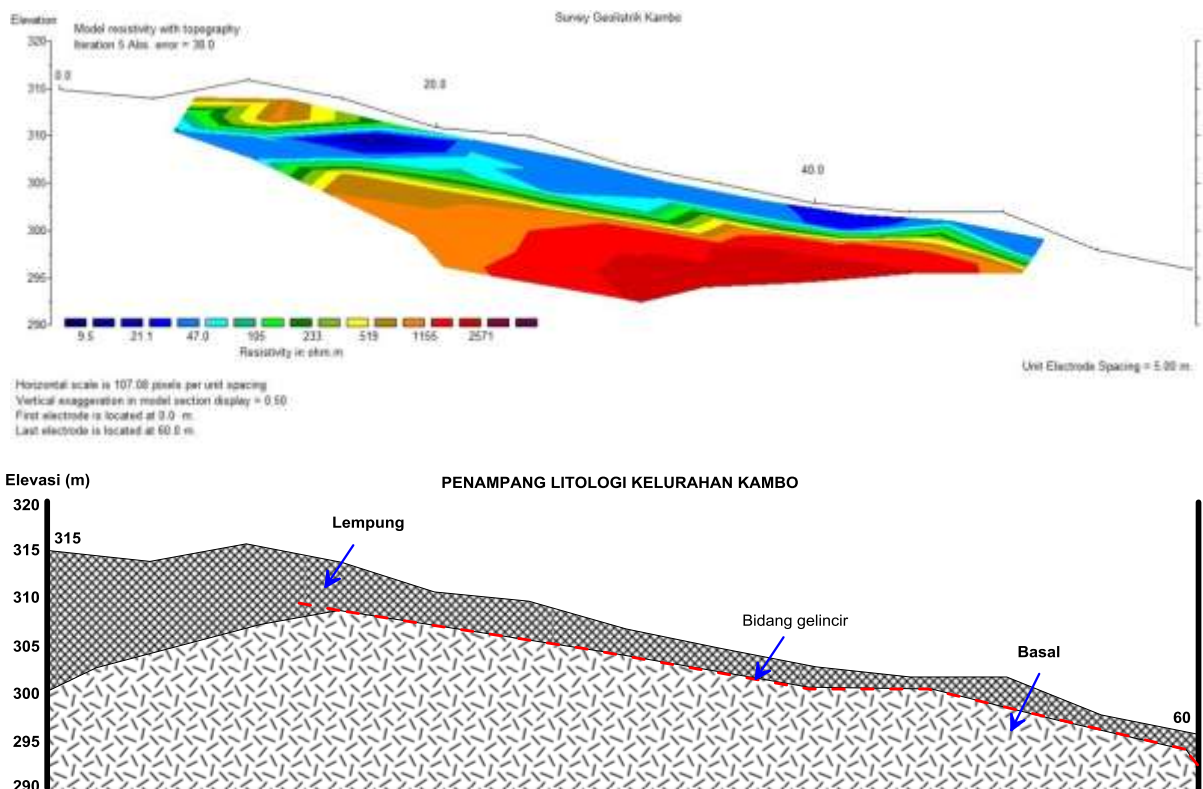
Longsor yang terjadi di Kelurahan Kambo berupa longsor rayapan berupa rekahan-rekahan pada tanah seperti yang terjadi di

ST1, ST3 dan ST5. Longsor ini bergerak lambat yang disebabkan oleh lalu lalang kendaraan.

Penampang Tahanan Jenis batuan Penyusun Kambo

Untuk memperoleh gambaran bawah permukaan di Kelurahan Kambo, maka dilakukan survey geofisika dengan menerapkan metode geolistrik. Dalam pengukuran geolistrik ini menggunakan konfigurasi *dipole-dipole* dengan panjang lintasan 60 m, jarak antar elektroda terkecil 5 m. Hasil pengukuran selanjutnya diolah dan diinversi menggunakan *software* Res2dinv menghasilkan penampang resistivitas batuan bawah permukaan seperti pada Gambar 6.

Berdasarkan gambar 6, nilai resistivitas batuan daerah penelitian berada pada rentang 9,5 – 2571 Ohm.m yang dibagi ke dalam dua lapisan batuan. Lapisan pertama memiliki nilai tahanan jenis 9,5 – 105 Ohm.m berada pada permukaan hingga kedalaman 10 m. Lapisan ini merupakan



Gambar 6. Penampang Tahanan Jenis (atas), penampang litologi Kelurahan Kambo (bawah).

lapisan batuan berupa lempung hasil pelapukan batuan. Penampakan lapangan berwarna coklat. Lapisan di bawahnya merupakan lapisan batuan yang lebih keras (basal) yang memiliki nilai tahanan jenis 105 – 2571 Ohm.m. Batuan antara kedua lapisan batuan ini diindikasikan sebagai zona bidang gelincir longsor memiliki nilai tahanan jenis 233 Ohm.m (hijau tua-hijau muda).

Hasil penampang geolistrik mengungkapkan bahwa lapisan batuan Kelurahan Kambo terdiri atas lapisan tanah hasil pelapukan batuan basal dengan ketebalan 5 – 10 m berada di atas lapisan batuan yang lebih solid (basal). Kontak antara lapisan tanah bagian atas dan batuan di bawahnya berupa bidang gelincir yang terbentuk cukup rata. Longsor yang dihasilkan dari bentuk seperti ini adalah longsor tipe translasi.

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Pertama, Kelurahan Kambo memiliki kemiringan lereng datar-sangat curam dimana terdapat beberapa titik longsor berupa longsor rayapan dan translasi. Kedua, Batuan bawah permukaan terdiri dari lempung dengan nilai resistivitas 9,5 – 105 Ohm.m berada pada kedalaman 10 m dan lapisan di bawahnya merupakan lapisan batuan yang lebih keras (batuan beku) yang memiliki nilai tahanan jenis 105 – 2571 Ohm.m. Batas antara kedua lapisan ini merupakan bidang gelincir longsor dengan nilai tahanan jenis 233 Ohm.m. Terakhir, Jenis longsor yang dihasilkan dari kondisi di Kelurahan Kambo adalah longsor tipe translasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam terlaksananya penelitian ini terkhusus kepada pihak Universitas

Cokroaminoto Palopo dalam hal ini Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula tahun 2019.

Daftar Pustaka

- Kementerian ESDM. 2017. Peta Prakiraan Wilayah Terjadinya Gerakan tanah pada Bulan Mei 2017 Provinsi Sulawesi Selatan. Jakarta: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Kementerian ESDM.
- Loke, M. H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Penang: Geotomo Software.
- Manrulu, Rahma Hi., Nurfalaq, Aryadi. 2017. Studi Bidang Gelincir Sebagai Langkah Awal Mitigasi Bencana Longsor. Seminar Nasional 2017. Universitas Cokroaminoto Palopo.
- Manrulu, R. H., & Nurfalaq, A. 2018. An Identification of Landslide Potential Areas by Using The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Images. 1st International Conference on Multidisciplinary Engineering (ICoMdEn). Lhokseumawe - Aceh, Indonesia: Universitas Malikussaleh Aceh.
- Martono. 2004. Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng terhadap Laju Kehilangan Tanah pada Regosol Kelabu. Tesis, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics The Geological Field Guide Series*. London: JohnWiley & Sons Ltd.
- Padli, F., Jumardi, A., Busrah, Z., & Asrun, B. (2017). Identifikasi Kemiringan Lereng di Kawasan Pemukiman Kecamatan Mungkajang Berbasis Geographic Information System. Prosiding

- SEMANTIK 2017 (pp. 7 - 17).
Kota Palopo: UNCP Press.
- Pemerintah Kota Palopo. 2011. Laporan Akhir RTRW Kota Palopo. Palopo: Pemerintah Kota Palopo.
- Redaksi Palopo Pos. 2016. Longsor di Kambo, Satu rumah Ambruk. [Online]. 27 October 2016. [Accessed 19 February 2019]. Available from: <https://palopopos.fajar.co.id/2016/10/27/longsor-di-kambo-satu-rumah-ambruk/>
- Syafri, Sriwahyuni Hi., Tilaar, Sonny., Sela, Rieneke L.E. 2015. Identifikasi Kemiringan Lereng di Kawasan Pemukiman Kota Manado Berbasis SIG. Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. 1990. Applied Geophysics. New York: Cambridge University Press.

ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA MENGGUNAKAN METODE *NEAREST NEIGHBOUR POINT*, *INVERSE DISTANCE WEIGHTING*, DAN *KRIGING* PADA DAERAH MUARA BUNGO, SUMATERA SELATAN

Ardi Kurnianto, Ajimas Pascaning Setihadiwibowo*, Wrego Seno Giamboro

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia
Jl. SWK No. 104, Ngropoh, Condongcatur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55283

*Penulis koresponden. Alamat email: ajimas@upnyk.ac.id

Abstrak

Perhitungan cadangan batubara penting dalam eksplorasi untuk menentukan kelayakan ekonomi dari penambangan. Hasil perhitungan cadangan penambangan kemudian digunakan untuk mengevaluasi apakah kegiatan penambangan yang direncanakan layak atau tidak. Studi ini berlokasi di wilayah Muarabungo di cekungan Sumatra Selatan. Secara fisiografis Cekungan Sumatra Selatan adalah Cekungan Tersier. Dalam penelitian ini digunakan Metode *Nearest Neighbour Point*, Metode *Inverse Distance Weighting* dan Metode *Kriging* untuk mengetahui sumber daya batubara. Hasil perhitungan cadangan batubara pada Metode *Nearest Neighbour Point* diperoleh volume batubara 458.240 m³, dengan tonase 960.929,28 ton, volume *overburden* 3.735.200 m³, dan rasio nilai pengupasan 1:3,887. Dalam metode pembobotan jarak terbalik *Inverse Distance Weighting* 967.386 ton, *overburden* 3.826.800 m³, dan *stripping ratio* 1:3.955. Sedangkan dalam Metode *Kriging*, volume batubara adalah 446.760 m³, dengan tonase 967.386 ton, *overburden* 3.908.600 m³, dan *stripping ratio* 1: 4.166.

Kata kunci: batubara; geostatistika; *Inverse Distance Weighting*; *Kriging*; *Nearest Neighbour Point*

Abstract

Calculation of coal reserves is important in the exploration to determine the economic feasibility of mining. The results of the calculation of mining reserves are then used to evaluate whether a planned mining activity is feasible or not. The study is located in the Muarabungo region in the South Sumatra basin. Physiographically the South Sumatra Basin is a Tertiary Basin. In this research, the Nearest Neighbour Point Method, Inverse Distance Weighting Method and Kriging Method are used to find out coal resources. The results of coal reserve calculation in the Nearest Neighbour Point Method obtained coal volume of 458,240 m³, with tonnage of 960,929.28 tons, overburden volume of 3,735,200 m³, and stripping value ratio of 1: 3,887. In the Inverse Distance Weighting Method the coal volume is 460,660 m³, with a tonnage volume of 967,386 tons, overburden of 3,826,800 m³, and a stripping ratio of 1:3,955. Whereas in the Kriging Method, coal volume was 446,760 m³, with tonnage of 967,386 tons, overburden volume of 3,908,600 m³, and stripping ratio of 1: 4,166.

Keywords: coal; geostatistics; *Inverse Distance Weighting*; *Kriging*; *Nearest Neighbour Point*

Pendahuluan

Batubara merupakan bahan galian yang strategis dan salah satu bahan baku energi nasional yang mempunyai peran yang besar dalam pembangunan nasional (SNI, 2011). Batubara menurut Wolf (1984) merupakan bahan bakar fosil yang terdiri dari pengendapan mineral organik purba yang tersisa dan telah mengalami perubahan bentuk akibat proses fisika dan kimia yang telah berlangsung jutaan tahun. Dalam proses eksplorasi batubara ada banyak metode yang dilakukan secara bertahap sesuai ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) salah satunya adalah metode geofisika.

Menurut Thomas (2002), batubara memiliki respon yang baik terhadap sebagian besar metode geofisika karena sifat fisiknya yang sangat kontras dari litologi lain yang umumnya ditemukan dalam rangkaian sikuen batubara. Rider (2002) menyatakan bahwa log sebagai suatu nilai pengukuran yang dapat digambarkan terhadap kedalaman. *Well logging* merupakan salah satu metode geofisika yang relatif akurat dalam

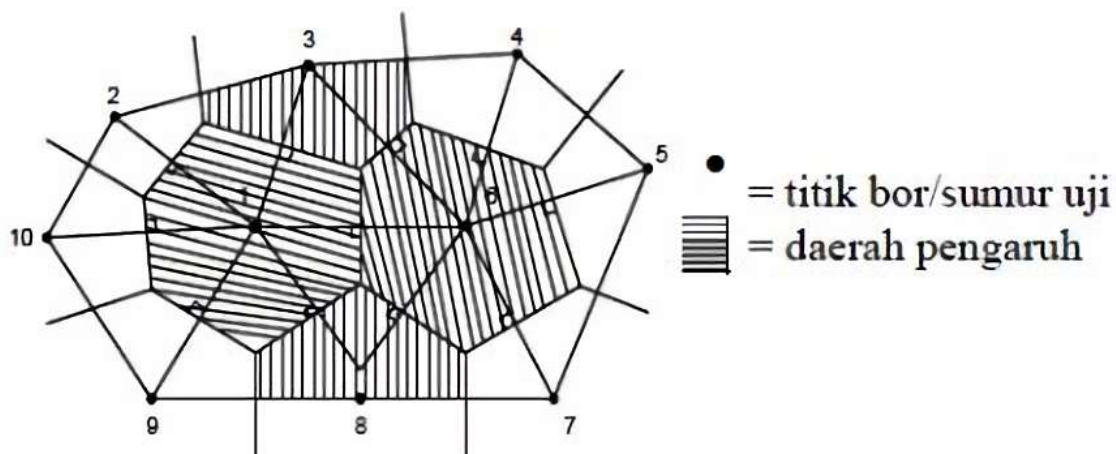
penentuan kedalaman dan ketebalan suatu lapisan dengan menggunakan kombinasi *gamma ray* dan densitas (Musset and Khan, 2000).

Estimasi perhitungan cadangan dalam penelitian ini menggunakan metode penaksiran yang umum yaitu *Nearest Neighbour Point*, *Inverse Distance Weighting*, dan *Kriging*.

Dasar Teori

1. Metode *Nearest Neighbour Point*

Metode *Nearest Neighbour Point* atau biasa juga disebut sebagai metode poligon contoh terdekat, dimana pengambilan nilai estimasi terhadap titik berdasarkan pada pengaruh masing-masing titik mengikuti titik terdekat. Metode ini umumnya digunakan pada endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana (Hartman, 1992). Daerah pengaruh dibuat dengan cara membagi dua jarak antara dua titik contoh dengan satu garis sumbu, yang dapat digambarkan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Metode *Nearest Neighbour Point* (Hartman, 1992)

2. Metode *Inverse Distance Weighting*

Metode *inverse distance weighting* adalah salah satu dari metode penaksiran dengan

pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data

sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Pemilihan nilai sangat mempengaruhi hasil interpolasi. Nilai yang tinggi akan memberikan hasil seperti menggunakan interpolasi *nearest neighbour* dimana nilai yang didapatkan merupakan nilai dari data point terdekat (NCGIA, 2007).

Secara lanjut dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i z_i \quad (1)$$

Keterangan:

Z : Kadar yang ditaksir

W_i : bobot conto

Z_i : kadar conto

Pembobotan seperjarak dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Untuk *inverse distance* pangkat satu

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_i}}{\sum \frac{1}{d_i}} \quad (2)$$

- Untuk *inverse distance* pangkat dua

$$w_i = \frac{\frac{1}{(d_i)^2}}{\sum \frac{1}{(d_i)^2}} \quad (3)$$

- Untuk *inverse distance* pangkat tiga

$$w_i = \frac{\frac{1}{(d_i)^3}}{\sum \frac{1}{(d_i)^3}} \quad (4)$$

3. Metode *Kriging*

Menurut Bohling (2005) Metode *Kriging* adalah metode analisis data geostatistika yang digunakan dalam memperoleh estimasi besarnya titik sampel pada suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya

dengan mempertimbangkan korelasi data spasial yang ada.

Variogram adalah perangkat dasar dari geostatistik untuk visualisasi, pemodelan estimasi besarnya titik sampel pada suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada disekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi data spasial yang ada.

Variogram adalah perangkat dasar dari geostatistik untuk visualisasi, pemodelan dan eksploitasi autokorelasi spasial dari variabel terregionalisasi. Variogram eksperimental adalah variogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran. Variogram dapat digunakan untuk mengukur korelasi spasial berupa variansi selisih pengamatan pada lokasi dan lokasi berjarak. Taksiran variogram eksperimental pada jarak *h* menurut Isaaks dan Srivastava (1989) adalah sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2\gamma(h)} \cdot \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x_i) - Z(x+h))^2 \quad (5)$$

Keterangan:

2 $\gamma(h)$: nilai variogram dengan jarak *h*

$\gamma(h)$: nilai semivariogram dengan jarak *h*

Z(x_i) : nilai pengamatan di titik x_i

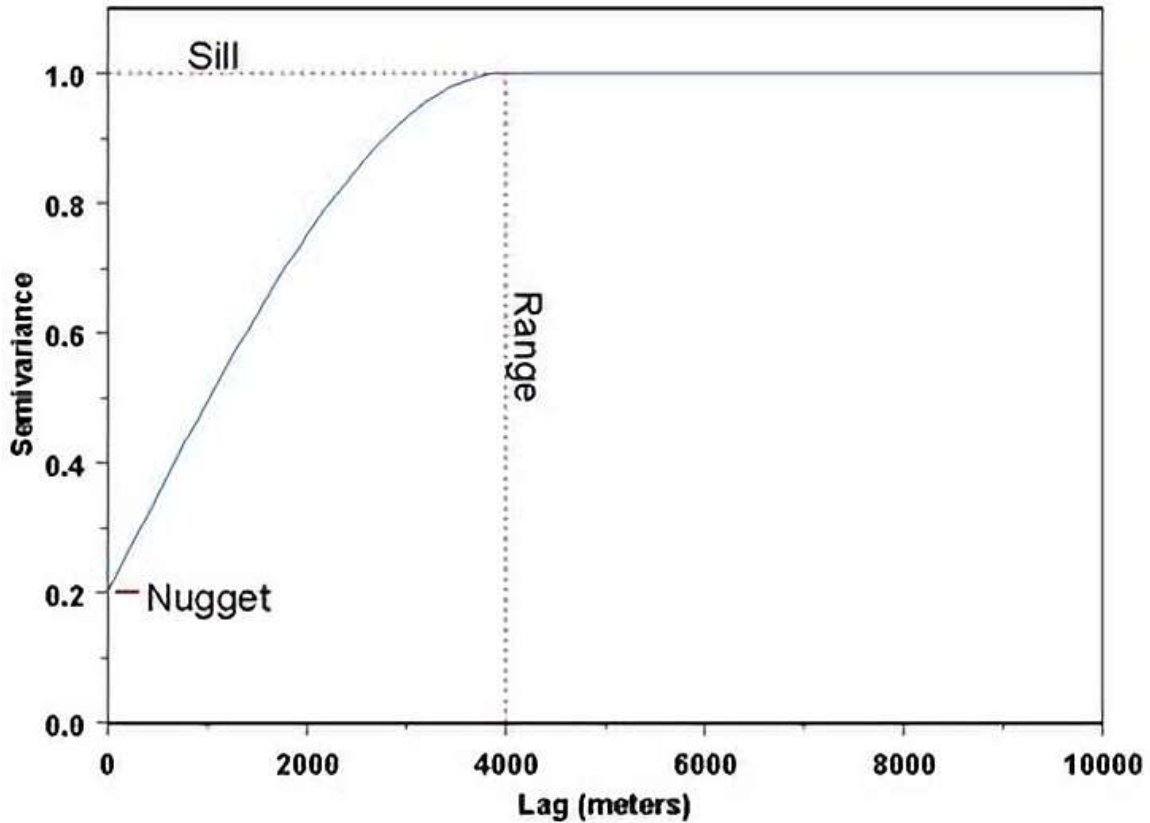
Z(x_i+*h*) : nilai pengamatan dititik (x_i+*h*)

N(*h*) : banyaknya pasangan titik

Variogram eksperimental menurut Isaaks dan Srivastava (1989) diperoleh dari data biasanya memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga sulit untuk ditafsirkan dan tidak dapat langsung digunakan dalam penaksiran. Untuk mempermudah analisis dibuat model variogram yang teoritis. Untuk suatu jarak *h* yang besar sehingga z(x) dan z(x+h) menjadi tidak terkorelasi, variogram $\gamma(h)$ mencapai suatu nilai C(0) yang merupakan nilai *nugget effect* dan nilai batas yang disebut sebagai *sill* C variogram. Sedangkan jarak dimana $\gamma(h)$ mencapai *sill* disebut sebagai nilai *range*, yang menyatakan jarak pengaruh antar nilai

contoh. Ada pun ketiga unsur ini merupakan parameter yang digunakan untuk melakukan penaksiran pada model

variogram. Ketiga nilai tersebut dapat dimodelkan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Model variogram (Isaaks dan Srivastava, 1989)

Salah satu contoh *Kriging* linier adalah *ordinary Kriging*. *Ordinary Kriging* merupakan metode yang praktis dan sederhana dalam konsep model stasionaris untuk menaksir kadar berdasarkan data disekeliling blok. Hal – hal yang perlu diperhatikan menurut Isaaks dan Srivastava (1989):

- (1) Mencari nilai estimasi variabel blok dengan persamaan

$$Z^* = \sum_{i=1}^n w_i Z_i \quad (6)$$

- (2) Bobot w_i dipecahkan dengan persamaan

$$\sum_{i=1}^n w_i \gamma(v, v) + \mu = \gamma(v, V) \quad (7)$$

dengan $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

4. Stripping Ratio

Dalam pertambangan, *stripping ratio* mengacu pada perbandingan antara *volume*

overburden (material buangan) dengan *volume* batubara (Kennedy, 1990).

5. Perhitungan Cadangan

Metode perhitungan cadangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *in situ tonnage calculations* yang merupakan perhitungan standar untuk mengetahui jumlah cadangan batubara (Thomas, 2002). Rumus yang digunakan untuk menghitung cadangan adalah sebagai berikut:

$$T = h \times L \times R.D \quad (8)$$

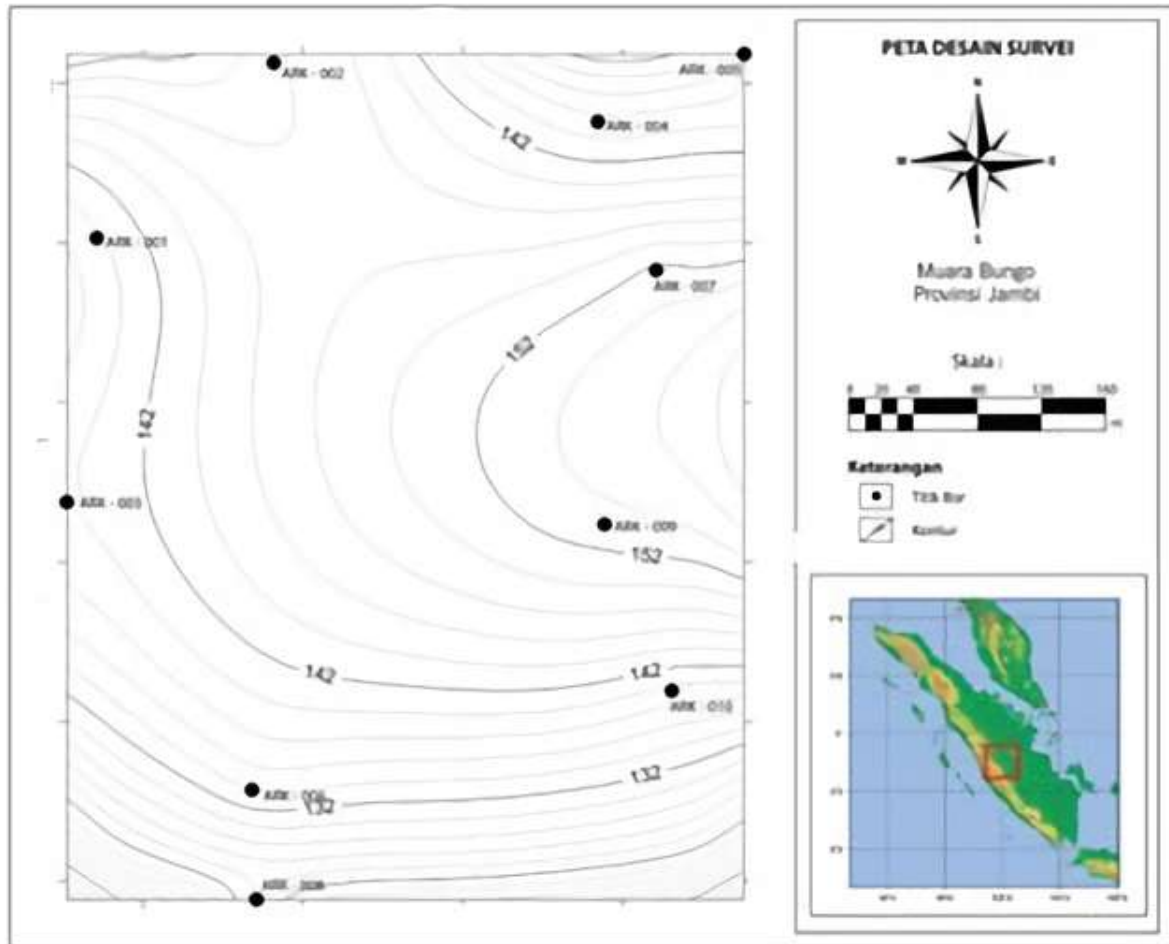
dengan:

- T : Total tonase (Ton),
- h : Ketebalan batuan (m),
- L : Luas area sebaran (m²),
- R.D : Rata-rata densitas yang terukur (gr/cm³).

Metodologi Penelitian

Lokasi daerah penelitian terletak di wilayah Kabupaten Muara Bungo, Provinsi Jambi. Data yang diperoleh dari data rekaman *well logging*

logging sebanyak 11 titik pengukuran. Gambar 3 merupakan penyebaran titik-titik rekaman *well logging*.



Gambar 3. Desain survei penelitian

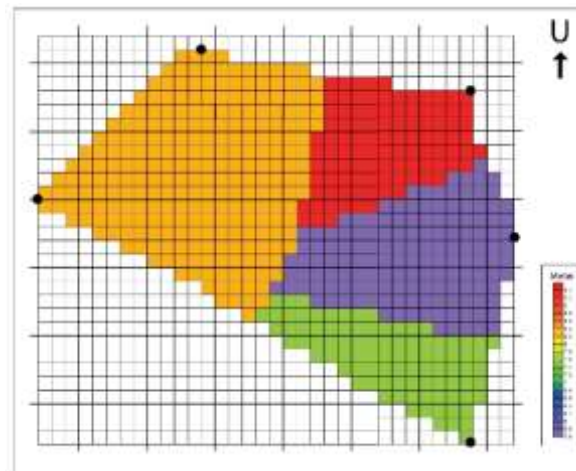
Data *well logging* meliputi data log *gamma ray* dan log densitas dalam format LAS. Data log ini merupakan hasil perekaman data yang menampilkan hasil rekaman *well logging* yaitu kedalaman lubang bor, alat yang digunakan, nama sumur, waktu dan lokasi lubang bor.

Setiap lubang bor memiliki nilai densitas masing-masing. Untuk mendapatkan nilai rata-rata densitas diperoleh dari 11 rekaman log densitas. Nilai densitas yang menjadi acuan dari penelitian ini yaitu densitas batubara.

Hasil dan Pembahasan

1. Estimasi Cadangan Batubara Metode *Nearest Neighbour Point*

Pada Metode *Nearest Neighbour Point* estimasi terhadap blok berdasarkan pada data yang jaraknya paling dekat dengan blok tersebut. Perhitungan dilakukan pada lapisan batubara dengan ukuran blok 10 x 10 meter.

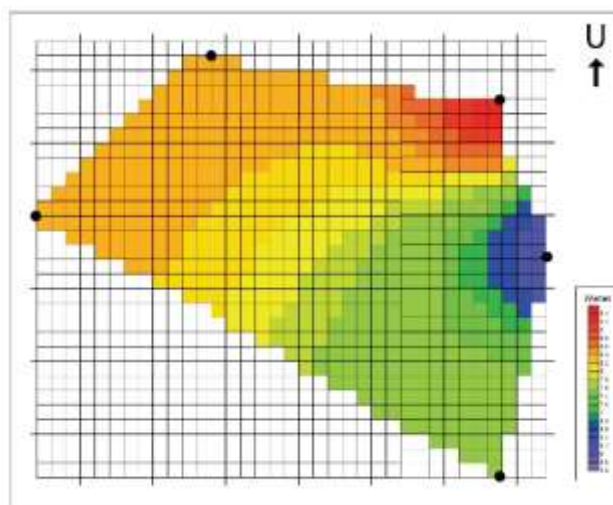


Gambar 4. Peta persebaran ketebalan batubara Metode *Nearest Neighbour Point*

Gambar 4 adalah hasil estimasi cadangan berdasarkan Metode *Nearest Neighbour Point*. Didapatkan pola persebaran nilai yang relatif homogen dengan perubahan nilai yang hanya terjadi pada setengah jarak antar titik pengukuran. Hasil perhitungan volume batubara sebesar 458.240 m^3 , kemudian berdasarkan pada rata – rata nilai densitas yang didapatkan sebesar $2,097 \text{ gr/cm}^3$ maka didapatkan tonase batubara sebesar $960.929,28 \text{ ton}$. Didapatkan pula *volume overburden* sebesar $3.735.200 \text{ m}^3$ sehingga didapatkan perbandingan *stripping ratio* sebesar $1:3,887$.

2. Estimasi Cadangan Batubara Metode *Inverse Distance Weighting*

Estimasi cadangan Metode *Inverse Distance Weighting* adalah suatu metode penaksiran dimana nilai suatu blok memperhitungkan adanya jarak dan rata – rata tertimbang dari titik – titik data yang ada di sekitarnya. Perhitungan dilakukan pada lapisan batubara dengan ukuran blok 10×10 meter.



Gambar 5. Peta persebaran ketebalan batubara Metode *Inverse Distance Weighting*

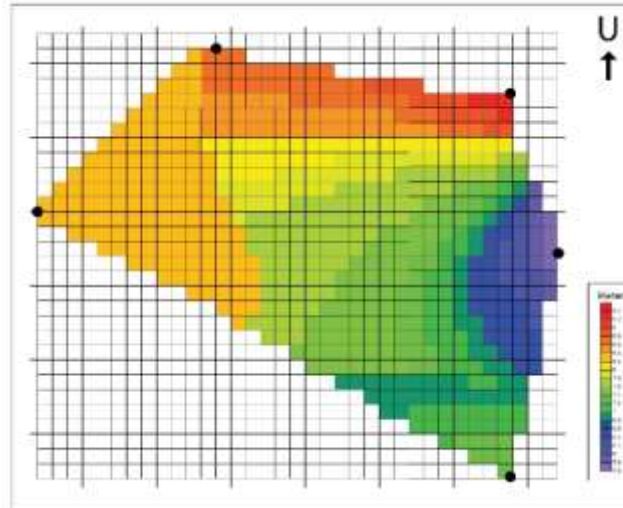
Berdasarkan pada gambar 5 yaitu peta persebaran dengan berdasarkan pada Metode *Inverse Distance Weighting* dapat dilihat bahwa persebaran yang dihasilkan

memiliki perubahan gradasi nilai yang relatif lebih halus. Hasil perhitungan volume batubara yang didapatkan sebesar $4606,6 \text{ m}^3$, kemudian berdasarkan pada

rata – rata nilai densitas yang didapatkan sebesar $2,097 \text{ gr/cm}^3$ maka didapatkan tonase batubara sebesar 967.386 ton. Didapatkan pula *volume overburden* sebesar $3.826.800 \text{ m}^3$, dan perbandingan nilai *stripping ratio* sebesar 1:3,955.

3. Estimasi Cadangan Batubara Metode *Kriging*

Estimasi cadangan Metode *Kriging* dilakukan berdasarkan pada hasil korelasi dan hasil perhitungan pada variogram yang digunakan sebagai acuan batas jarak pengaruh nilai antar titik pengukuran. Perhitungan dilakukan pada lapisan batubara dengan ukuran blok 10 x 10 meter.



Gambar 6. Peta persebaran ketebalan batubara Metode *Kriging*

Gambar 6 merupakan hasil dari estimasi menggunakan Metode *Kriging*. Pada metode ini didapatkan hasil persebaran nilai mengikuti nilai jarak pengaruh pada variogram yaitu sebesar 180 m. hasil perhitungan volume batubara yang didapat sebesar 446.760 m^3 , kemudian berdasarkan pada rata – rata nilai densitas yang didapatkan sebesar $2,097 \text{ gr/cm}^3$ maka didapatkan tonase batubara sebesar 938.196 ton. Didapatkan pula *volume overburden* sebesar $3.908.600 \text{ m}^3$ yang kemudian didapatkan nilai *stripping ratio* sebesar 1:4,166.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Kabupaten Muara Bungo, Jambi didapatkan beberapa kesimpulan. Perhitungan cadangan batubara yang dilakukan dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbour Point* didapatkan volume batubara sebesar 458.240 m^3 ,
© 2019 Dept. of Geophysics Hasanuddin University

dengan tonase sebesar 960.929,28 ton, *overburden* sebesar $3.735.200 \text{ m}^3$, dan nilai *stripping ratio* sebesar 1:3,887. Sedangkan pada Metode *Inverse Distance Weighting* didapatkan volume batubara sebesar 460.660 m^3 , dengan tonase sebesar 967.386 ton, *overburden* sebesar $3.826.800 \text{ m}^3$, dan nilai *stripping ratio* sebesar 1:3,955. Terakhir pada Metode *Kriging* didapatkan volume batubara sebesar 446.760 m^3 , dengan tonase sebesar 967.386 ton, *overburden* sebesar $3.908.600 \text{ m}^3$, dan nilai *stripping ratio* sebesar 1:4,166.

Daftar Pustaka

- SNI. 2011. Pedoman Pelaporan, Sumberdaya, dan Cadangan Batubara. Badan Standarisasi Nasional-SNI 5015 tahun 2011.
- Bohling, G. 2005. Introduction to Geostatistics and Variogram Analysis. Kansas Geological Survey. 1, 1-20.

- Hartman, H, L. 1992. SME Mining Engineering Handbook 2nd Edition Volume 1. Society for Mining, Metallurgy and Exploration: Colorado.
- Issaks, E, H. and Srivastava, R, M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Kennedy, BA (ed.). 1990. Surface Mining, 2nd edition. SME, Littleton, Colorado, USA. ISBN 0-87335-102-9.
- Mussett, A.E., and Khan, M.A. 2000. Looking Into The Earth. Cambridge University Press.
- NCGIA. 2007. Interpolation: Inverse Distance Weighting. California.
- Rider. 2002. The Geological Interpretation of Well Logs, 2nd Eddition Revised 2002. Scotland.
- Thomas, L. 2002. Coal Geology. John Wiley & Sons Ltd. The Atrium. Southern
- Wolf. 1984. Measurement is the act of process of measuring.

PENDUGAAN BAWAH PERMUKAAN FORMASI WALANNAE MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS

Debby Rahayu, Agung Hasan, Nurita Dwi Puspitasari, Muhammad Fawzy Ismullah
Massinai*

Departemen Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar

*Penulis koresponden. fawzy@sci.unhas.ac.id

Abstrak

Penyelidikan mengenai bawah permukaan semakin digalakkan demi menjamin pembangunan yang berkelanjutan di permukaan tanah. Pembangunan intensif dilaksanakan di Desa Bira, Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba, yang merupakan salah satu daerah andalan pariwisata di Sulawesi Selatan. Oleh karena itu, studi identifikasi kondisi bawah permukaan semestinya sedini mungkin dilaksanakan. Penyelidikan ini bertujuan untuk menentukan jenis dan sebaran lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik resistivitas secara sederhana sebagai data awal penyelidikan berikutnya yang lebih terperinci. Metoda ini menggunakan prinsip aliran arus listrik yang mengalir di dalam tanah melalui batuan-batuan. Pada penelitian geolistrik resistivitas ini menggunakan konfigurasi Wenner - Schlumberger. Pada penelitian ini terdapat sebuah lintasan pengukuran resistivitas *mapping* dengan jumlah elektroda sebanyak 30 dan spasi tiap elektroda 5 m. Hasil yang didapatkan berupa penampang resistivitas yang memperlihatkan adanya 3 lapisan yaitu *low resistivity* ($< 6,44 \Omega\text{m}$), *medium resistivity* (16,6 – 285 Ωm) dan *high resistivity* 285 – 1892 Ωm . Lapisan ini berturut turut diduga merupakan lapisan lempung-pasir yang memungkinkan mengandung air tanah/ *Ground water*, lapisan alluvium dan lapisan batugamping terumbu.

Kata Kunci: Bira; *mapping*; resistivitas; Wenner – Schlumberger.

Abstract

Investigations on subsurface are increasingly being promoted to ensure sustainable development at the surface level. Intensive development was carried out in Bira Village, Bontobahari Subdistrict, Bulukumba Regency, which is one of the mainstays of tourism in South Sulawesi. Therefore, studies on identification of subsurface conditions should be carried out as soon as possible. This investigation aims to determine the type and distribution of subsurface layers using a simple resistivity geoelectric method as preliminary data for further detailed investigations. This method uses the principle of electric current flowing in the subsurface through rocks. In this resistivity geoelectrical investigation using the Wenner-Schlumberger configuration. In this study, there is a resistivity mapping acquisition line with 30 electrodes and 5 m range each electrode. The results obtained in the form of a resistivity cross section showing the presence of 3 layers, namely low resistivity ($<6.44 \Omega\text{m}$), medium resistivity (16.6 - 285 Ωm) and high resistivity 285 - 1892 Ωm . This layer is thought to be a successive layer of sand-clay which allows containing ground water/ ground water, alluvium layer and reef limestone layer.

Keywords: Bira; *mapping*; resistivity; Wenner – Schlumberger.

Pendahuluan

Penyelidikan mengenai bawah permukaan semakin digalakkan demi menjamin pembangunan yang berkelanjutan di permukaan tanah. Jenis batuan yang berada di bawah permukaan dapat diketahui berdasarkan resistivitas (tahanan jenis) suatu batuan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis) (Dewi dkk., 2015).

Desa Bira merupakan salah satu desa yang ada di Kec. Bontobahari Kabupaten Bulukumba, yang merupakan salah satu daerah andalan pariwisata di Sulawesi Selatan. Selain karena keindahan pantainya, para wisatawan juga dapat melihat langsung pembuatan perahu tradisional khas Sulawesi Selatan yakni Phinisi. Meningkatnya jumlah wisatawan harus diimbangi dengan kenyamanan akan kebutuhan para pengunjung, seperti pembangunan infrastruktur dan fasilitas lainnya yang dibangun di atas permukaan. Oleh karena itu, studi identifikasi kondisi bawah permukaan semestinya sedini mungkin dilaksanakan di daerah ini demi terjaminnya kelangsungan kehidupan manusia dan kenyamanan wisatawan. Maka dari itu sangat perlu dilakukan survei geolistrik untuk membantu perencanaan terpadu di daerah tersebut.

Penyelidikan ini bertujuan untuk menentukan jenis dan sebaran lapisan bawah permukaan daerah penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas secara sederhana sebagai data awal penyelidikan berikutnya yang lebih terperinci. Pengambilan data dilakukan secara primer menggunakan metode geolistrik resistivitas *mapping* Konfigurasi Wenner – Schlumberger. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak X2IPI (Robain dan Bobachev, 2017) dan interpretasi untuk menentukan jenis dan sebaran lapisan bawah permukaan daerah penelitian.

Daerah penelitian terletak di Desa Bira Kec. Bontobahari Kab. Bulukumba. Secara geologi daerah ini terdiri dari terumbu Plio-Pleistosen, Terumbu Pleistosen dan bahkan karang modern yang termasuk anggota Kapur Selayar, Formasi Walannae (Imran dkk., 2017). Batuan terbuka di beberapa teras menunjukkan fluktuasi muka laut dan/ atau kegiatan tektonik selama proses pembentukannya. Wilayah studi mengalami pengangkatan, membentuk teras batugamping terumbu ditandai dengan adanya takik (Imran, 2000). Stratigrafi daerah Bira dan sekitarnya tersusun atas 1) batugamping foraminifera miosen awal, 2) terumbu karang Miosen Akhir hingga Pliosen, 3) Terumbu karang Pliosen dan 4) terumbu karang Pleistosen (Imran, 2000). Setiap unit ditandai dengan teras yang menunjukkan batuan tertua terekspos ke arah darat dengan ketinggian yang lebih tinggi, sedangkan termuda terekspos ke arah laut dengan ketinggian yang lebih rendah. Teras bawah telah dideskripsikan sebagai terumbu Pleistosen yang lebih rendah (Imran, 2000) dan di Pulau Selayar berumur Pleistosen awal atau 1,6 sampai 1,4 Ma (Bromfield, 2013).

Terdapat banyak metode geofisika dalam bidang eksplorasi, di antaranya menentukan anomali gravitasi, magnet, elastisitas, radioaktif. Metode geolistrik merupakan metode yang menggunakan arus listrik untuk mendeteksi bawah permukaan dengan mengukur beda potensial yang dihasilkan. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengukur potensial – potensial, arus dan medan - medan elektromagnetik yang terjadi secara alami atau buatan di dalam bumi. Pengukuran bisa dilakukan dalam berbagai variasi sesuai dengan kebutuhan (Telford dkk., 1990).

Penggunaan metode geolistrik resistivitas dalam pendugaan bawah permukaan telah jamak dilakukan. Virman dkk. (2019) menggunakan Metode Geolistrik 1D konfigurasi Schlumberger dalam

penyelidikan zona akuifer di Sentani Timur, Jayapura, Papua. Wahyuni dkk. (2018) meneliti potensi air tanah di daerah sepanjang pesisir Desa Bira Kec. Bontobahari Kab. Bulukumba menggunakan Metode Geolistrik 1D konfigurasi Schlumberger. Penelitian yang disebut terakhir menjadi acuan dalam penelitian ini.

Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas/ tahanan jenis (selanjutnya ditulis metode resistivitas) secara teori lebih baik digunakan dibandingkan dengan semua metode geolistrik yang lain, karena menggunakan metode aktif dengan mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan. Namun, nilai maksimum beda potensial secara ideal jarang ditemukan karena keadaan bawah permukaan yang begitu kompleks. Kelemahan utamanya adalah memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mengukur konduktivitas dekat permukaan atau biasa disebut memiliki *noise* sangat tinggi (Telford et al., 1990).

Metode resistivitas didasari pada asumsi bahwa bumi bersifat homogen isotropis. Berdasarkan hal tersebut, resistivitas yang terukur adalah resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung pada jarak antar elektroda. Kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan dengan resistivitasnya masing – masing, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan – lapisan tersebut. Dengan demikian, resistivitas yang terukur bukan merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja. Dalam hal ini yang terukur adalah resistivitas semu (Febriana dkk., 2017).

Resistivitas semu dihitung berdasarkan persamaan (Reynolds, 1997; Telford et al., 1990).

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan

ρ : resistivitas semu (Ωm)

K : faktor geometri konfigurasi elektroda (m)

ΔV : beda potensial (V)

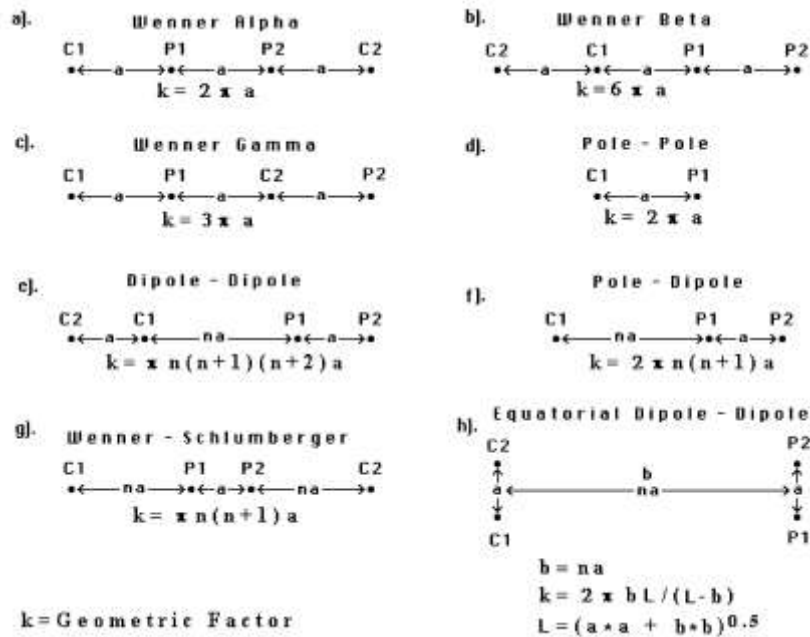
I : arus yang diinjeksikan (A)

Data yang diukur merupakan data nilai beda potensial bawah permukaan. Berdasarkan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan inversi sesuai Pers. (1) sehingga didapatkan variasi distribusi resistivitas dari suatu kesatuan pelapisan yang berkaitan dengan struktur geologi di bawah permukaan. Metode resistivitas dapat menghasilkan variasi distribusi resistivitas, baik ke arah horisontal maupun vertikal. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui pula jenis material pada lapisan tersebut (Febriana dkk., 2017).

Telah disinggung sebelumnya bahwa metode resistivitas dapat memberikan variasi distribusi resistivitas, baik ke arah horizontal maupun vertikal. Hal ini didasari dari teknik pengukuran yang digunakan. Metode *sounding* digunakan untuk mendapatkan variasi distribusi resistivitas lapisan bawah permukaan secara vertikal. Sedangkan secara horizontal menggunakan metode *mapping* (Febriana dkk., 2017).

Bumi tersusun atas lapisan – lapisan (*layers*) tanah yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda beda. Nilai ini dapat diketahui dengan menghubungkan sumber arus dengan sebuah perangkat pengukur arus dan beda potensial. Perangkat tersebut dihubungkan dengan elektroda arus untuk mengukur sejumlah arus yang mengalir ke dalam tanah, dan dengan elektroda potensial dengan jarak tertentu untuk mengukur perbedaan potensial (Utama, 2005).

Survei resistivitas menggunakan dua pasang elektroda, masing – masing untuk arus dan potensial (Syamsuddin dan Lantu, 2009). Susunan elektroda ini disebut konfigurasi elektroda (Gambar 1).



Gambar 1. Susunan konfigurasi elektroda dan faktor geometrinya (Loke, 2001).

Salah satu konfigurasi elektroda yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner – Schlumberger (Gambar 1(g)). Keunggulan dari konfigurasi Wenner – Schlumberger dibanding dengan konfigurasi lainnya terletak pada elektroda arus dan potensial yang selalu berpindah posisi. Hal ini menjadikan konfigurasi ini sensitif terhadap adanya ketidak-homogenan yang bersifat lokal, seperti lensa dan gawir di bawah permukaan. Sifat sensitifitas ini muncul dari beda potensial yang terukur cukup besar sebab jarak antara elektroda potensial yang cukup besar. Keunggulan ini menjadikan konfigurasi Wenner – Schlumberger cukup sesuai untuk survey pemetaan batuan bawah permukaan dengan cakupan yang dalam (Sunarya dkk., 2017).

Nilai resistivitas batuan tergantung dari beberapa faktor, seperti derajat kekompakan, besarnya presentase kandungan fluida yang mengisi batuan, kandungan lempung, keterdapatn air tanah, jenis dan karakteristik fisik batuan, mineralogi batuan, dan sebagainya. Hal tersebut menyebabkan nilai dari beberapa jenis batuan biasanya *overlap*, seperti nilai resistivitas beberapa batuan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai resistivitas beberapa batuan (Telford et al., 1990; Reynolds, 1997).

Material	Resistivity (Ωm)
Galena	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$
Hematit	$3.5 \times 10^{-3} - 10^7$
Limonit	$10^3 - 10^7$
Kalsit	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Kwarsa	500-800000
Garam Batu	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit	200-10000
Andesit	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basal	200-100000
Batugamping	500-10000
Batupasir	200-8000
Batusabak	20-2000
Pasir	1-1000
Lempung	1-100
Air Tanah	0.5-300
Air Laut	0.2
Kerikil Kering	600-10000
Alluvium	10-800
Tanah (40% lempung)	8
Tanah (20% lempung)	33
Tanah Permukaan	250-1700
Pasir-Lempung	30-215
Laterit	800-1500

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Bira Kec. Bontobahari Kab. Bulukumba Prov. Sulawesi Selatan. Titik pengambilan data secara geografis terletak pada koordinat $120^{\circ} 27' 40''$ BT dan $05^{\circ} 35' 47''$ LS seperti pada Gambar 2. Kegiatan pengolahan data dan analisis dilaksanakan di Laboratorium Geofisika Padat Dept. Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin.

Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas *mapping* konfigurasi Wenner – Schlumberger. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diambil pada 4 – 7 April

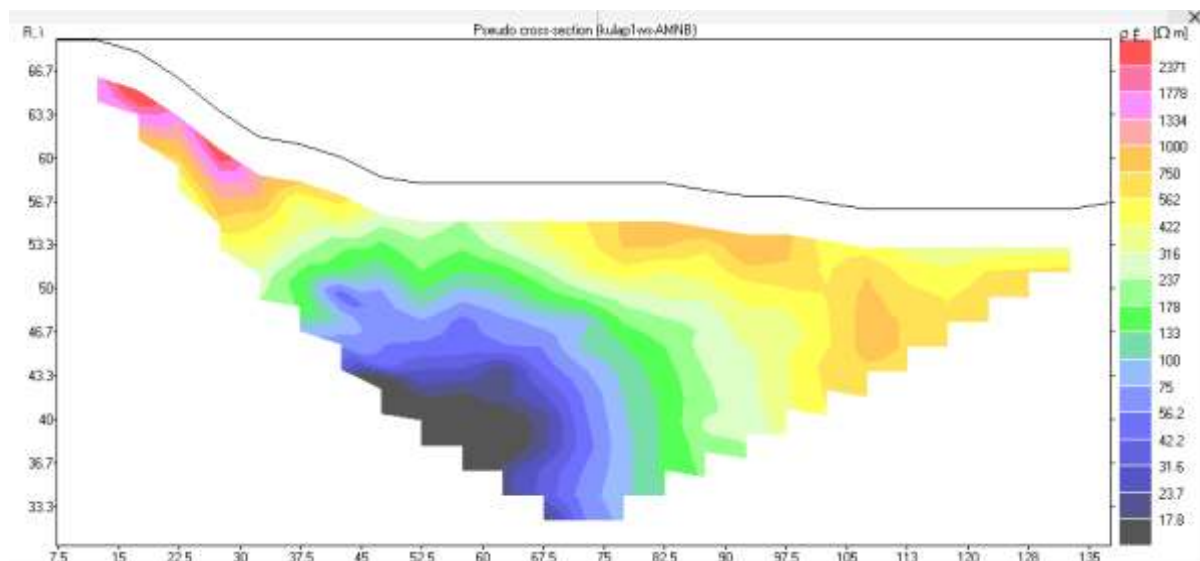
2019. Data resistivitas yang diperoleh berasal dari sebuah lintasan yang berarah Barat Daya – Timur Laut, jumlah elektroda 30 buah dengan spasi 5 m. Data yang diperoleh berupa nilai koordinat, elevasi, arus, beda potensial. Perpindahan elektroda menyebabkan perubahan spasi yang menjadi masukan untuk perhitungan faktor geometri. Semua data tersebut diolah menggunakan Pers. (1) pada program pengolah data tabulasi sehingga nilai resistivitas semu didapatkan. Nilai ini menjadi masukan pada perangkat lunak X2IPI (Robain dan Bobachev, 2017) untuk pengolahan data sehingga didapatkan penampang variasi distribusi resistivitas.



Gambar 2. Lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah penampang resistivitas dari lintasan tersebut.



Gambar 3. Penampang resistivitas dengan topografi.

Penampang hasil pengolahan data konfigurasi Wenner – Schlumberger (Gbr. 3) setelah dilakukan 5 kali iterasi didapatkan RMS Error sebesar 21,794% dan memiliki kedalaman 28,7 meter. Hasil inversi menampilkan 3 kategori nilai resistivitas yaitu *low resistivity* 2,50 – 16,6 Ωm , *medium resistivity* 16,6 – 285 Ωm , dan *high resistivity* 285 – 1892 Ωm . Analisis nilai resistivitas didasari pada Tabel 1, penampang tersebut terlihat untuk *low resistivity* ($< 6,44 \Omega\text{m}$) diduga merupakan lempung, pasir atau air tanah/ *Ground water*. Bagian ini ditunjukkan pada titik 50 – 90 meter dengan kedalaman 24 – 29 meter.

Hal yang dapat mendukung hasil ini adalah terdapat sumur yang tidak pernah kering yang mengindikasikan keterdapatannya *Ground water*. Menurut Wahyuni dkk. (2018) pada kedalaman tersebut terdapat retakan batuan yang memungkinkan terisi air akibat infiltrasi dari lapisan batuan di atasnya.

Lapisan *medium resistivity* 16,6 – 285 Ωm terletak di bawah lapisan *low resistivity*. Lapisan ini mencapai kedalaman hingga 35 meter. Lapisan ini diduga sebagai alluvium yang memungkinkan memiliki kandungan air. Lapisan *high resistivity* 285 – 1892 Ωm dapat diinterpretasi sebagai basalt, batugamping maupun pasir. Lapisan ini diduga merupakan lapisan batugamping terumbu. Batugamping terumbu juga banyak ditemukan sebagai singkapan di permukaan daerah penelitian. Batugamping merupakan batuan sedimen yang dapat menyerap air tetapi sukar untuk menyimpan air karena jenis batuan tersebut cenderung meloloskan air ke lapisan yang ada di bawahnya (Wahyuni dkk., 2018).

Kesimpulan

Ada pun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini bahwa pada penampang resistivitas terlihat adanya 3 lapisan yaitu *low resistivity* ($< 6,44 \Omega\text{m}$), *medium*

resistivity (16,6 – 285 Ωm) dan *high resistivity* 285 – 1892 Ωm . Lapisan ini berturut turut diduga merupakan lapisan lempung-pasir yang memungkinkan mengandung air tanah/ *Ground water*, lapisan alluvium dan lapisan batugamping terumbu. Penelitian ini dapat menjadi model awal penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beberapa lintasan dan diikat dengan penelitian lain yang saling mendukung.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih atas *funding support* dari Universitas Hasanuddin melalui Hibah Internal Penelitian 2019 Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Kami juga berterima kasih kepada Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin (UNHAS) atas dukungannya pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bromfield. 2013. *Pleistocene reef development in Bulukumba, South Sulawesi*. *Bulletins of American Paleontology* (387) Des. pp 1-60.
- Dewi, S., As'ari dan Adey, Tanauma. 2015. *Pemetaan Akuifer Air Tanah di Jalan Ringroad, Kelurahan Malendeng dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(2), 33-37.
- Febriana, R.K.N., Minarto, E. dan Tryono, F.X.Y. 2017. *Identifikasi Sebaran Aliran Air Bawah Tanah (Groundwater) dengan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberger di Wilayah Cepu, Blora Jawa Tengah*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), 29-33.
- Imran, A. M. 2000. *Microfacies and Diagenesis of the Tertiary Selayar Limestone (Walannae Formation), South Sulawesi, Indonesia*.

- Dissertation Universitas Erlangen Nuermberg, Jerman. (unpublished).
- Imran, A. M., Husein, R., Farida, M., dan Prayudi, A. 2017. *Pleistocene reef development in Bulukumba, South Sulawesi*. MATEC Web of Conferences. DOI: 10.1051/mateconf/201710104020.
- Loke, M.H. 2001. *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introducton to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons.
- Robain H, Bobachev A. 2017. *X2IPI Tool box for 2D Electrical Resistivity Tomography and IP measurements User Manual*. Available at: <http://x2ipi.ru/news/manual>.
- Sunarya, W., Hasanuddin, Syamsuddin, Maria, Erfan. 2017. *Identifikasi Bijih Besi (Fe) Menggunakan Metoda Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner – Schlumberger di Kabupaten Luwu*. Jurnal Geoelebes, 1(2), 72-81.
- Syamsuddin dan Lantu. 2009. *Metode Geolistrik dan Geoelektromagnetik*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, E.R. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Utama, W. 2005. *Experimental Module Mataram Geophysical Workshop*. Lab. Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS: Surabaya.
- Virman, Massinai, M.A., Massinai, M.F.I. 2019. *Groundwater Identification at East Sentani Auwena Formation (Tema) Based on Geoelectric*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **279** 012043.
- Wahyuni, Jamaluddin, Aswad, S., Armin, L.O. 2018. *Investigasi Zona Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Pantai Parangluhu Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba*. Jurnal Geoelebes, 2(2), 78-83.

DISTRIBUSI PENGALIRAN PRESIPITASI BERDASARKAN TOPOGRAFI

R. R. Amalia, Sakka*, D. A. Suriamihardja*

Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

*Penulis koresponden. Alamat email: sakka@sci.unhas.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menduga distribusi curah hujan berinteraksi langsung dengan bentuk topografi, sehingga dapat memperkirakan arah aliran dan besar debit aliran di sungai. Bentuk topografi dapat menunjukkan arah aliran dari dataran tinggi ke dataran rendah. Adapun tujuan penelitian ini adalah memetakan kontur distribusi curah hujan, kontur topografi, arah aliran permukaan, dan menghitung debit aliran permukaan di lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data curah hujan dan hari hujan yang berasal dari BMKG, data topografi DEM SRTM yang berasal dari LAPAN, data *shapefile* batas DAS, sungai dan peta penggunaan lahan yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil dari pemetaan kontur curah hujan pada tahun 2012 hingga 2017 menunjukkan nilai terendah 1236 mm/tahun hingga tertinggi 5346 mm/tahun. Hasil pemetaan kontur topografi menunjukkan nilai terendah 745 meter dan tertinggi 2830 meter. Hasil dari pemetaan arah aliran menunjukkan bahwa aliran akan bergerak terus menuju sungai – sungai besar beserta cabangnya, dan hasil dari perhitungan debit maksimum terjadi pada bulan Januari yang terletak pada DAS Jeneberang dengan nilai 1,77 liter/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Agustus yang terletak pada DAS Binangapapa dengan nilai 0,07 liter/detik.

Kata kunci: arah aliran; curah hujan; debit; kontur; topografi

Abstract

This study suspects the distribution of rainfall that interacts directly with the topographic form, so that it can estimate the direction of flow and flow rate of the river. The topography can indicate the direction of flow from the highlands to the lowlands. The purpose of this study is to map the rainfall distribution contour, topographic contour, surface flow direction, and calculate surface flow discharge at the study site. The data that collected in this study are secondary data, they are the rainfall and the rainy days data from BMKG, SRTM DEM topographic data from LAPAN, watershed boundary shapefile data, rivers and land use maps derived from the Geospatial Information Agency (BIG) . The results of rainfall contour mapping in 2012 to 2017 show the lowest values of 1236 mm/year to the highest of 5346 mm/year. The topographic contour mapping results show the lowest values of 745 meters and the highest of 2830 meters. The results of the flow direction mapping show that the flow will continue to move towards large rivers and their branches, and the results of the calculation of the maximum flow occur in January located in the Jeneberang watershed with a value of 1.77 liters/second and the minimum flow occurs in August which located in the Binangapapa watershed with a value of 0.07 liters/second.

Keywords: contour; discharge; flow direction; rainfall; topography.

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang paling berharga, karena tanpa adanya air tidak mungkin terdapat kehidupan. Air tidak hanya dibutuhkan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman, tetapi juga merupakan media pengangkutan, sumber energi dan berbagai keperluan lainnya. Pada suatu saat dalam bentuk hujan lebat dan banjir, aliran air juga dapat memiliki daya perusak, menimbulkan kerugian harta dan jiwa, serta menghanyutkan sejumlah volume tanah subur (Suripin, 2004).

Aliran air sangat bergantung kepada kondisi tata guna lahan di permukaan bumi. Bila tidak ada daerah yang bisa menyerap dan daerah yang bisa menahan laju aliran maka pada waktu musim penghujan air akan mengalir langsung ke laut. Pada waktu musim kemarau karena tidak ada lagi hujan maka keberadaan air di suatu tempat tergantung dari kuantitas dan kualitas resapan dan penahan air pada waktu musim penghujan. Dengan resapan maupun penahan air yang baik dan optimal maka kebutuhan air dapat terpenuhi di musim kemarau karena masih ada air yang tertampung dan terhenti misalnya: waduk, danau dan lain-lain serta yang meresap di dalam tanah sehingga membentuk air tanah, sumur, mata air dan lain-lain (Kodoatie dan Syarief, 2005).

Penelitian distribusi pengaliran presipitasi berdasarkan topografi ini dilakukan untuk menganalisis arah aliran presipitasi melalui peta kontur topografi sehingga didapat wilayah yang berpotensi tinggi mengalami arah aliran yang tinggi di wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar. Arah pengaliran presipitasi di wilayah tersebut dapat diketahui dari peta kontur topografi wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar, sedangkan debit curah hujan dapat diketahui dari peta sebaran curah hujan di wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar (Rostianingsih, 2004).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muchsin (2011), prakiraan daerah terjadinya banjir hanya pada lokasi penelitian di Makassar dan menggunakan data curah hujan selama 1 tahun yang menyebabkan hasil dari penelitian kurang akurat. Selain itu sebaran curah hujan yang kurang merata dan bentuk topografi yang berbeda setiap wilayah menyebabkan perbedaan pengaliran curah hujan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang mengkaji hubungan antara curah hujan dan topografi dengan membuat peta kontur masing – masing untuk mendapatkan hasil yang baik.

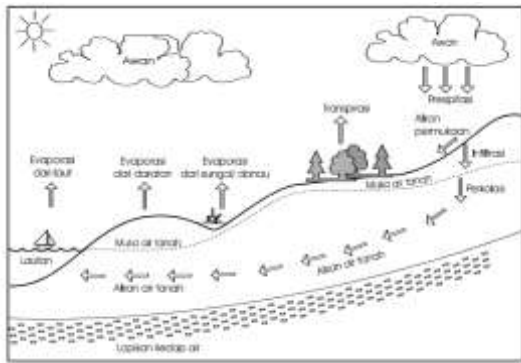
Pada penelitian ini dilakukan pemetaan kontur distribusi curah hujan di wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar selama periode 2012-2017 dan pemetaan kontur topografi Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar. Untuk membuat peta kontur curah hujan, dibutuhkan data *real* curah hujan yang didapatkan dari pengamatan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), lalu hasilnya diolah menggunakan *software ArcGIS*. Dari pengolahan tersebut akan memperlihatkan wilayah mana yang sering mengalami presipitasi tinggi, hari hujan yang sering dan memperkirakan debit aliran. Selanjutnya untuk membuat peta kontur topografi di wilayah penelitian, dibutuhkan data ketinggian yang didapatkan dari data topografi.

Tinjauan Pustaka

1. Siklus Hidrologi

Air yang sampai ke permukaan tanah sebagian akan berinfiltrasi dan sebagian lagi mengisi lekuk – lekuk permukaan tanah kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah, masuk ke sungai – sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanannya menuju laut sebagian akan mengalami penguapan. Air yang masuk ke dalam tanah

sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran intra (*interflow*). Sebagian lagi akan terus turun dan masuk ke dalam air tanah yang keluar sedikit demi sedikit dan masuk ke dalam sungai sebagai aliran bawah tanah (*groundwater flow*) dan begitu seterusnya. Proses mengenai siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus hidrologi (Wibowo, 2015).

2. Presipitasi

Hujan adalah salah satu bentuk dari presipitasi. Presipitasi adalah uap yang mengalami kondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi. Hujan merupakan unsur iklim yang paling penting di daerah tropis seperti di Indonesia karena keragamannya sangat tinggi, baik menurut waktu maupun menurut tempat. Sehingga kajian tentang iklim lebih banyak diarahkan pada hujan (Hermawan, 2009).

Karakteristik hujan (lama, tebal dan intensitas hujan) pada suatu wilayah sangat memengaruhi besarnya debit aliran pada suatu Daerah Aliran Sungai/ DAS (baik dalam volume tubuh air maupun kecepatan alirannya) dan erosi yang terjadi pada daerah tersebut. Setiap kejadian hujan memiliki karakter masing-masing. Karakter tersebut dapat berupa lama, tebal dan intensitas hujan. Intensitas hujan maksimal selama 30 menit merupakan intensitas yang akan memberikan pengaruh besar terhadap aliran permukaan. Ketiga karakter hujan di atas akan dikaitkan dengan besarnya volume

aliran dan berat suspensi yang terjadi (Utomo dkk., 2012).

3. Debit Aliran Air

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran adalah laju aliran (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2002).

$$Q = 0,0028 \cdot \left[\frac{A_i}{A} \cdot C_i \right] \left[\frac{A_i}{A} \cdot I_i \right] A \quad (1)$$

Q : debit aliran air (l/detik)

Ci : koefisien aliran permukaan

Ii : intensitas curah hujan wilayah (mm/bulan)

Ai : luas daerah aliran berdasarkan DAS (Ha)

A : luas total daerah aliran (Ha)

Debit air merupakan komponen yang penting dalam pengelolaan suatu DAS. Pelestarian hutan juga penting dalam rangka menjaga kestabilan debit air yang ada di DAS, karena hutan merupakan faktor utama dalam hal penyerapan air tanah serta dalam proses evaporasi dan transpirasi, juga pengendali terjadinya longsor yang mengakibatkan kedalaman sungai menjadi dangkal, jika terjadi pendangkalan sungai, maka debit air yang ada di sungai pun akan berkurang (Dumairy, 1992).

4. Topografi

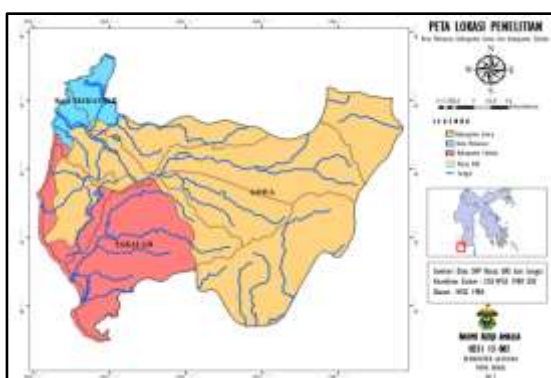
Topografi permukaan atau bentuk lahan mempengaruhi aliran permukaan (*run off*) dan aliran air bumi. Aliran permukaan (*surface runoff*) meningkat dengan meningkatnya lereng. Tanah, geologi, geomorfologi, dari suatu DAS, berfungsi sebagai kontrol terhadap besar kecilnya infiltrasi dan kapasitas menahan air

permukaan. Daerah permukaan yang miring akan menyebabkan aliran permukaan yang deras dan besar bila dibandingkan dengan daerah yang agak datar (Muchtart dkk., 2007).

Peta topografi merupakan peta yang memuat informasi umum tentang keadaan permukaan tanah beserta informasi ketinggian menggunakan garis kontur, yaitu garis pembatas bidang yang merupakan tempat kedudukan titik-titik dengan ketinggian sama terhadap bidang referensi (pedoman/ acuan) tertentu (Rostianingsih, 2004).

Metodologi Penelitian

Lokasi yang dijadikan daerah penelitian berada di Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar (Gambar 2). Kota Makassar terletak pada koordinat $5^{\circ}8' LU$ dan $119^{\circ}25' BT$, dengan luas wilayah sebesar $199,26 \text{ km}^2$. Kabupaten Gowa terletak pada koordinat $5^{\circ}33'6''$ sampai $5^{\circ}34'7'' LS$ dan $120^{\circ}38'6''$ sampai $120^{\circ}33'6'' BT$, dengan luas wilayahnya 1.883 km^2 . Dan Kabupaten Takalar terletak pada koordinat $5,3^{\circ}$ sampai $5,33^{\circ} LS$ dan $119,22^{\circ}$ sampai $118,39^{\circ} BT$, dengan luas wilayahnya $566,51 \text{ km}^2$. Luas lokasi keseluruhannya sebesar $2648,77 \text{ km}^2$.

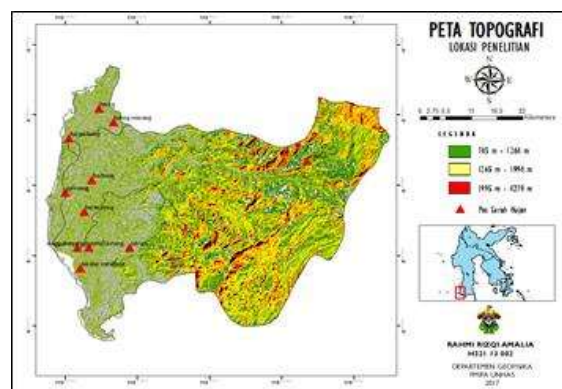


Gambar 2. Lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

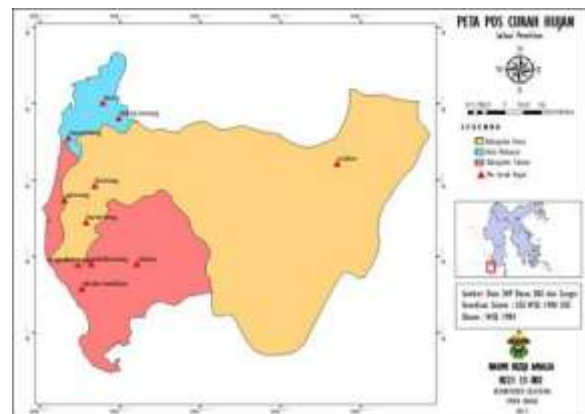
1. Topografi

Topografi wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Takalar relatif landai berada pada ketinggian 745 meter sampai 4279 meter dari ellipsoid bumi. Pada Gambar 3 ditunjukkan daerah terendah berwarna hijau dengan ketinggian 745 meter sampai 1264 meter, sedangkan daerah tertingginya ditunjukkan dengan warna merah dengan ketinggian 1995 meter sampai 2830 meter.



Gambar 3. Peta topografi.

2. Pos Curah Hujan

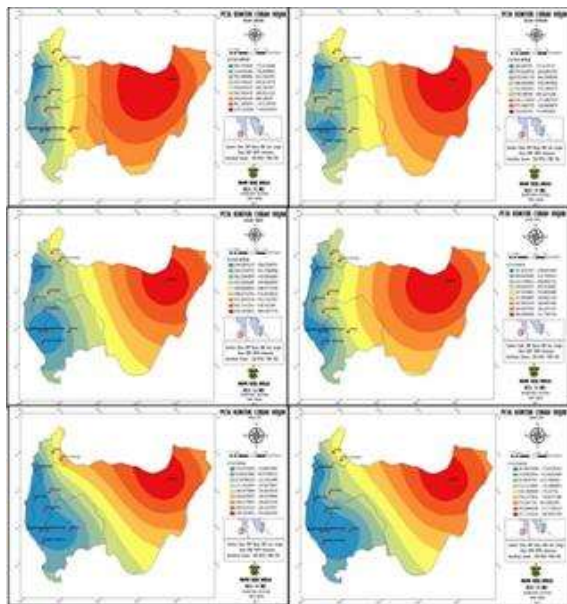


Gambar 4. Lokasi pos curah hujan.

Data curah hujan yang didapatkan bersumber dari BMKG periode 2012 hingga 2017 di wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Takalar. Terdapat 11 stasiun curah hujan di wilayah tersebut (Gambar 4), yaitu Kantor BBMKG Wilayah IV Panaikang Makassar, Pos Hujan Barombong Makassar, Pos Hujan Biring

Romang Makassar, Pos Hujan Malino Kabupaten Gowa, Pos Hujan Limbung Kabupaten Gowa, Pos Hujan Barembeng Kabupaten Gowa, Pos Hujan Cakura Kabupaten Takalar, Pos Hujan Mappakasunggu Kabupaten Takalar, Pos Hujan Pattallassang Kabupaten Takalar, Pos Hujan Galesong Kabupaten Takalar dan Pos Hujan Takalar Tottallasa Kabupaten Takalar.

3. Kontur Curah Hujan

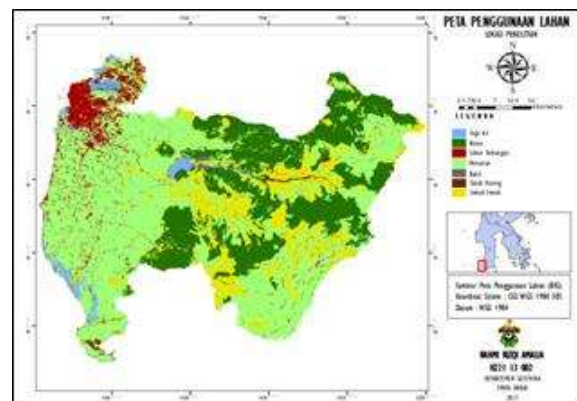


Gambar 5. Peta kontur curah hujan.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa kontur curah hujan terendah diwakilkan dengan warna biru tua dan kontur curah hujan tertinggi diwakilkan dengan warna merah. Setiap bulan mempunyai perbedaan kontur curah hujan masing-masing. Pada bulan Januari, kontur curah hujan terendah sebesar 680,74 mm dan tertinggi sebesar 1,053 mm. Pada bulan Februari, kontur curah hujan terendah sebesar 288,65 mm dan tertinggi sebesar 791,97 mm. Pada bulan Maret, kontur curah hujan terendah sebesar 249,46 mm dan tertinggi sebesar 696,10 mm. Pada bulan April, kontur curah hujan terendah sebesar 181,87 mm dan tertinggi sebesar 417,74 mm. Pada bulan Mei, kontur curah hujan terendah sebesar 55,83 mm dan

tertinggi sebesar 254,86 mm. Pada bulan Juni, kontur curah hujan terendah sebesar 40,59 mm dan tertinggi sebesar 244,97 mm. Pada bulan Juli, kontur curah hujan terendah sebesar 14,35 mm dan tertinggi sebesar 175,46 mm. Pada bulan Agustus, kontur curah hujan terendah sebesar 2,44 mm dan tertinggi sebesar 25,33 mm. Pada bulan September, kontur curah hujan terendah sebesar 15,48 mm dan tertinggi sebesar 40,44 mm. Pada bulan Oktober, kontur curah hujan terendah sebesar 12,53 mm dan tertinggi sebesar 102,76 mm. Pada bulan November, kontur curah hujan terendah sebesar 84,90 mm dan tertinggi sebesar 181,55 mm. Pada bulan Desember, kontur curah hujan terendah sebesar 301,02 mm dan tertinggi sebesar 642,45 mm.

4. Penggunaan Lahan (*Land Use*)



Gambar 6. Peta penggunaan lahan.

Tabel 1 Luas penggunaan lahan di lokasi penelitian.

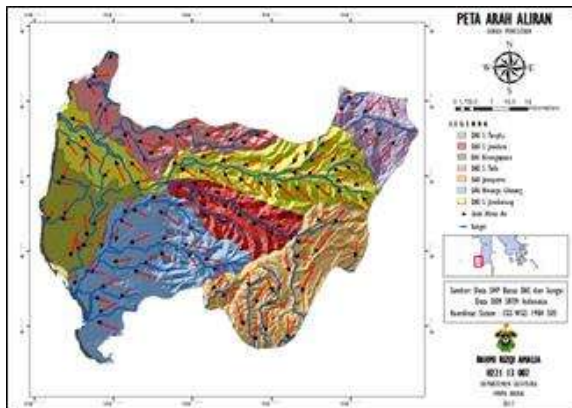
Jenis Penggunaan Lahan	Nilai C	Luas (Ha)	Luas (%)
Lahan Terbuka	0,015	1.932	0,76
Semak-Semak	0,016	37.659	14,85
Air	0,01	8.815	3,48
Pertanian	0,026	127.523	50,29
Bukit	0,041	1.133	0,45
Lahan Terbangun	0,059	14.299	5,64
Hutan	0,07	62.189	24,53
TOTAL		253.550	100,00

Berdasarkan pada Gambar 6 dan Tabel 1 dapat dilihat sebagian besar wilayah lokasi penelitian merupakan wilayah yang digunakan untuk pertanian dengan luasnya mencapai 127.523 Ha atau 50,29% dari total

luas wilayah, yang merupakan wilayah yang berpotensi tinggi sebagai arah aliran.

5. Arah Aliran Permukaan

Hasil pemetaan dapat dilihat bahwa arah aliran wilayah Kota Makassar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Takalar cenderung mengalir ke dataran rendah yang berupa sungai-sungai dan cabangnya.. Pada Gambar 7, panah menunjukkan arah aliran sedangkan garis berwarna biru menunjukkan sungai dan cabang – cabangnya, terdapat 7 DAS yang diwakilkan dengan berbagai warna yaitu DAS Jeneberang diwakilkan dengan warna kuning, DAS Jenelata diwakilkan dengan warna merah, DAS Binangapapa diwakilkan dengan warna hijau tua, DAS Tallo diwakilkan dengan warna ungu, DAS Binanga Cikoang diwakilkan dengan warna biru, DAS Tangka diwakilkan dengan warna abu-abu dan DAS Jeneponto diwakilkan dengan warna oranye.



Gambar 7. Peta arah aliran permukaan.

Pada Gambar 7 diperoleh bahwa debit air DAS Jeneberang yang ditandai dengan warna biru lebih besar dari pada debit air DAS Binangapapa yang ditandai dengan warna oranye. Pada DAS Jeneberang debit maksimum terjadi pada bulan Januari dengan nilai 1,77 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Desember dengan nilai 1,09 l/detik. Pada DAS Jenelata debit maksimum terjadi pada bulan Januari dengan nilai 0,61 l/detik dan debit minimum

terjadi pada bulan Desember dengan nilai 0,3 l/detik. Pada DAS Tangka debit maksimum terjadi pada bulan Februari dengan nilai 0,8 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Desember dengan nilai 0,37 l/detik. Pada DAS Binanga Cikoang debit maksimum terjadi pada bulan November dengan nilai 1,2 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Mei dengan nilai 0,5 l/detik. Pada DAS Tallo debit maksimum terjadi pada bulan Mei dengan nilai 0,7 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Agustus dengan nilai 0,35 l/detik. Pada DAS Jeneponto debit maksimum terjadi pada bulan September dengan nilai 1,2 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Desember dengan nilai 0,6 l/detik. Dan pada DAS Binangapapa debit maksimum terjadi pada bulan Januari dengan nilai 0,53 l/detik dan debit minimum terjadi pada bulan Agustus dengan nilai 0,07 l/detik.

Kesimpulan

Hasil pemetaan kontur curah hujan menunjukkan nilai curah hujan pada tahun 2012 antara 1269 hingga 3271 mm/tahun, pada tahun 2013 antara 2033 hingga 5346 mm/tahun, pada tahun 2014 antara 1236 hingga 3765 mm/tahun, pada tahun 2015 antara 1276 hingga 4048 mm/tahun, pada tahun 2016 antara 1459 hingga 4106 mm/tahun, dan pada tahun 2017 antara 1250 hingga 3089 mm/tahun. Sedangkan pada hasil pemetaan kontur curah hujan pada tahun 2012 hingga tahun 2017 menunjukkan nilai total dari keseluruhan curah hujan antara 1236 hingga 5346 mm/tahun.

Hasil pemetaan kontur topografi menunjukkan nilai kontur antara 745 hingga 4279 meter. Dengan daerah terendah memiliki nilai ketinggian 745 hingga 1264 meter dan daerah tertinggi yang memiliki nilai ketinggian antara 1995 hingga 4279 meter.

Hasil dari pemetaan arah aliran menunjukkan bahwa aliran akan bergerak terus menuju dataran rendah atau lembah. Seperti pada hasil pemetaan, menunjukkan air terus bergerak ke dataran rendah, dalam hal ini dataran rendah yang dimaksud adalah sungai – sungai besar beserta cabangnya.

Hasil perhitungan debit aliran air berdasarkan lokasi DAS, nilai debit maksimum ada pada lokasi DAS Sungai Jeneberang, sedangkan nilai debit minimum ada pada lokasi DAS Binangapapa. Sedangkan perhitungan debit aliran air berdasarkan bulan, nilai debit maksimum ada pada DAS Sungai Jeneberang pada bulan Januari dengan nilai 1,771 l/detik dan nilai debit minimum terletak pada DAS Binangapapa dengan nilai 0,073 l/detik.

Daftar Pustaka

- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Dumairy. 1992. *Ekonomika Sumber Daya Air*. BPFE. Yogyakarta
- Hermawan, E. 2009. *Analisis Perilaku Curah Hujan Di Atas Kototabang Saat Bulan Basah dan Bulan Kering*. Makalah Proceeding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. 16 Mei 2009 di Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Kodoatie, J.R. dan R. Syarief. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Muchsin. 2011. *Analisis Potensi Banjir Kota Makassar Menggunakan Model Elevasi Digital*. Skripsi, Universitas Hasanuddin.
- Muchtar, Asikin dan Nurdin Abdullah. 2007. *Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa*. Jurnal Hutan dan Masyarakat, 2(1). 174 – 187.
- Rostianingsih, S., Handoyo, I., Gunadi, K. 2004. *Pemodelan Peta Topografi Ke Objek Tiga Dimensi*. Jurnal Informatika, 5(1), 14 – 21.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- Utomo, M., Suryatmojo, H., Soedjoko, S. 2012. *Kajian Pengaruh Karakteristik Hujan Terhadap Volume Aliran dan Berat Suspensi di Kawasan Karst*. Widyariset, 15(3), 527 – 534.
- Wibowo, M. 2005. *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Sungai*. Jurnal Teknik Lingkungan, 6(1), 283 – 290.

PENGUKURAN PENAMPANG STRATIGRAFI DAN INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D DAN 2D UNTUK IDENTIFIKASI AKUIFER AIRTANAH DAERAH SAMBUTAN, SAMARINDA ILIR, KOTA SAMARINDA

Muhammad Amin Syam*, Hamzah Umar, Heryanto

Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*Penulis koresponden. Alamat email: muhaminsyam24@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi lapisan akuifer dengan menggunakan metode pengukuran penampang stratigrafi dan metode resistivitas 1D dan 2D di daerah Sambutan, Samarinda Ilir, Kota Samarinda. Dari hasil pengukuran penampang stratigrafi berdasarkan data singkapan batuan di permukaan diperoleh dua jenis lapisan yang dapat menjadi lapisan akuifer yaitu pasir dan batupasir sedang-kasar. Dari hasil pengukuran stratigrafi dan korelasi data resistivitas 1D atau VES, ditemukan 2 jenis akuifer yakni akuifer bebas berupa pasir dengan tebal 0,163 m pada VES 1 dan 0,13 m pada VES 2. Akuifer tertekan berupa batupasir sedang-kasar dengan tebal 6,71 m dan kedalaman 22,96 – 29,67 m pada VES 1 dan tebal 6,1 m serta kedalaman 22,79 – 28,89 m pada VES 2. Dari hasil pengukuran resistivitas 2D di dekat lokasi pengukuran VES diinterpretasi adanya lapisan akuifer pada kedalaman 19 meter dengan nilai resistivitas 40 – 90 Ω m.

Kata kunci: airtanah; pengukuran penampang stratigrafi; resistivitas; Sambutan.

Abstract

This research is intended to identify the aquifer layer by using stratigraphic section measurement and 1D and 2D resistivity methods in Sambutan area, Samarinda Ilir, Samarinda City. From the results of stratigraphic measurements based on the outcrops of rock data on the surface obtained two types of layers that can become aquifer layers, namely sand and medium-coarse sandstone. From the results of stratigraphic measurements and correlation with resistivity data of 1D or VES, the aquifer layer comprised 2 types of aquifers were found, namely unconfined aquifers in the lithology of sand has thickness about 0.163 m at VES 1 and 0.13 m at VES 2. Confined aquifer in the lithology of medium-coarse sandstone with a thickness of 6,71 m and depth 22.96-29.67 m at VES 1 and 6.1 m of thickness and depth of 22.79 -28.89 m at VES 2. From the results of 2D resistivity measurements closed to VES location in Sambutan, the aquifer layer at a depth of 19 meters with a resistivity value of 40 - 90 Ω m.

Keywords: groundwater; measuring section; resistivity method.

Pendahuluan

Airtanah merupakan salah satu sumberdaya yang terus menerus mengalami penurunan baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Sedangkan,

kebutuhan manusia akan sumberdaya air semakin hari semakin bertambah. Terbatasnya sumberdaya air permukaan dan belum tersedianya akses air bersih di daerah Sambutan, Samarinda Ilir, Kota

Samarinda menjadikan airtanah menjadi sumber air utama masyarakat setempat.

Memperoleh airtanah ternyata tidaklah semudah yang dibayangkan. Airtanah tersimpan dan mengalir pada litologi bawah permukaan yang porous dan permeabel yang dinamakan akuifer. Tingkat kompleksitas dan heterogenitas geologi menjadikan sulitnya mengidentifikasi akuifer di bawah permukaan tanah.

Pengamatan lapangan sangat diperlukan untuk mengetahui sebaran litologi di permukaan hingga kemenerusannya di bawah permukaan. Pengukuran penampang stratigrafi dari singkapan batuan di permukaan dapat menjadi informasi awal ada tidaknya potensi airtanah pada daerah penelitian berdasarkan jenis litologi yang dapat menjadi lapisan pembawa airtanah atau akuifer.

Selain pengamatan lapangan, untuk menjustifikasi adanya lapisan batuan pembawa air juga dilakukan pengukuran resistivitas 1D atau *Vertical Electrical Sounding* dan resistivitas 2D untuk mencari adanya anomali resistivitas air di bawah permukaan yang selanjutnya hasil interpretasi data resistivitas 1D ini dikorelasikan dengan data hasil pengamatan lapangan dan juga untuk memverifikasi hasil interpretasi data resistivitas.

Daerah penelitian yang berlokasi di Sambutan, Samarinda Ilir, Kota Samarinda merupakan daerah yang sulit terhadap akses air bersih dari sumber air permukaan, sehingga penggunaan airtanah dapat menjadi solusi sulitnya akses terhadap air bersih dari sumber air permukaan. Atas alasan ini, penulis mencoba mencari sumber airtanah dengan menggabungkan metode pengukuran stratigrafi dan resistivitas 1D dan 2D.

Eksplorasi Airtanah

Investigasi Lapangan

Investigasi lapangan terkait dengan potensi airtanah pada daerah penelitian dilakukan dengan *measuring section* atau pengukuran penampang stratigrafi. Dalam Noor (2010), pengukuran stratigrafi merupakan salah satu pekerjaan yang biasa dilakukan dalam pemetaan geologi lapangan. Ada pun pekerjaan pengukuran penampang stratigrafi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran yang terperinci dari hubungan stratigrafi antar setiap perlapisan batuan atau satuan batuan, ketebalan setiap satuan stratigrafi, sejarah sedimentasi secara vertikal dan lingkungan pengendapan dari setiap satuan batuan.

Pengukuran stratigrafi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran terperinci urutan-urutan perlapisan satuan stratigrafi, ketebalan setiap satuan stratigrafi, hubungan stratigrafi, sejarah sedimentasi dalam arah vertikal, dan lingkungan pengendapan. Pengukuran stratigrafi dari singkapan mempunyai arti penting dalam penelitian geologi. Secara umum tujuan pengukuran penampang stratigrafi adalah (Noor, 2010):

- Mendapatkan data litologi terperinci dari urutan-urutan perlapisan suatu satuan stratigrafi (formasi, kelompok, anggota dan sebagainya).
- Mendapatkan ketebalan yang teliti dari tiap-tiap satuan stratigrafi.
- Untuk mendapatkan dan mempelajari hubungan stratigrafi antar satuan batuan dan urutan-urutan sedimentasi dalam arah vertikal secara detil dan untuk menafsirkan lingkungan pengendapan.

Metode Geolistrik

Geolistrik adalah metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik dalam bumi dan bagaimana mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus, dan medan

elektromagnetik yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi, Oleh karena itu metode geolistrik mempunyai banyak macam, termasuk di dalamnya potensial diri, polarisasi terinduksi, dan resistivitas (Saputra, 2014).

Tiap-tiap media mempunyai sifat yang berbeda terhadap aliran listrik yang melaluinya, yang bergantung pada tahanan jenisnya. Pada metode ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektrode arus dan beda potensial yang terjadi diukur melalui dua buah elektrode potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektrode berbeda kemudian dapat diturunkan variasi nilai tahanan jenis masing-masing lapisan bawah permukaan bumi (Suyanto, 2013).

Metode geolistrik mengasumsikan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dalam kondisi yang sesungguhnya, tanah bersifat tidak homogen karena bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan karakteristik yang berbeda beda, sehingga nilai resistivitas yang kita peroleh merupakan nilai resistivitas yang mewakili nilai resistivitas seluruh lapisan yang teralalui oleh garis ekipotensial. Dengan mengetahui arus yang diinjeksikan dan mengukur beda potensial di sekitar tempat arus diinjeksikan, maka nilai tahanan jenis tanah dapat diperoleh. Nilai tahanan jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran disebut sebagai resistivitas semu. (Telford et al., 1982). Untuk menghitung resistivitas semu batuan, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \quad (2)$$

dengan

ΔV : beda potensial (volt)

I : besar arus yang dialirkan (ampere)

K : faktor geometri konfigurasi

Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan investigasi lapangan yakni pengukuran penampang stratigrafi sebanyak dua lintasan dan pengukuran resistivitas 1D (*VES*) dan 2D. Data resistivitas 1D (*VES*) dilakukan sebanyak dua *line* dan pengukuran resistivitas 2D sebanyak satu pengukuran dengan menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole*.

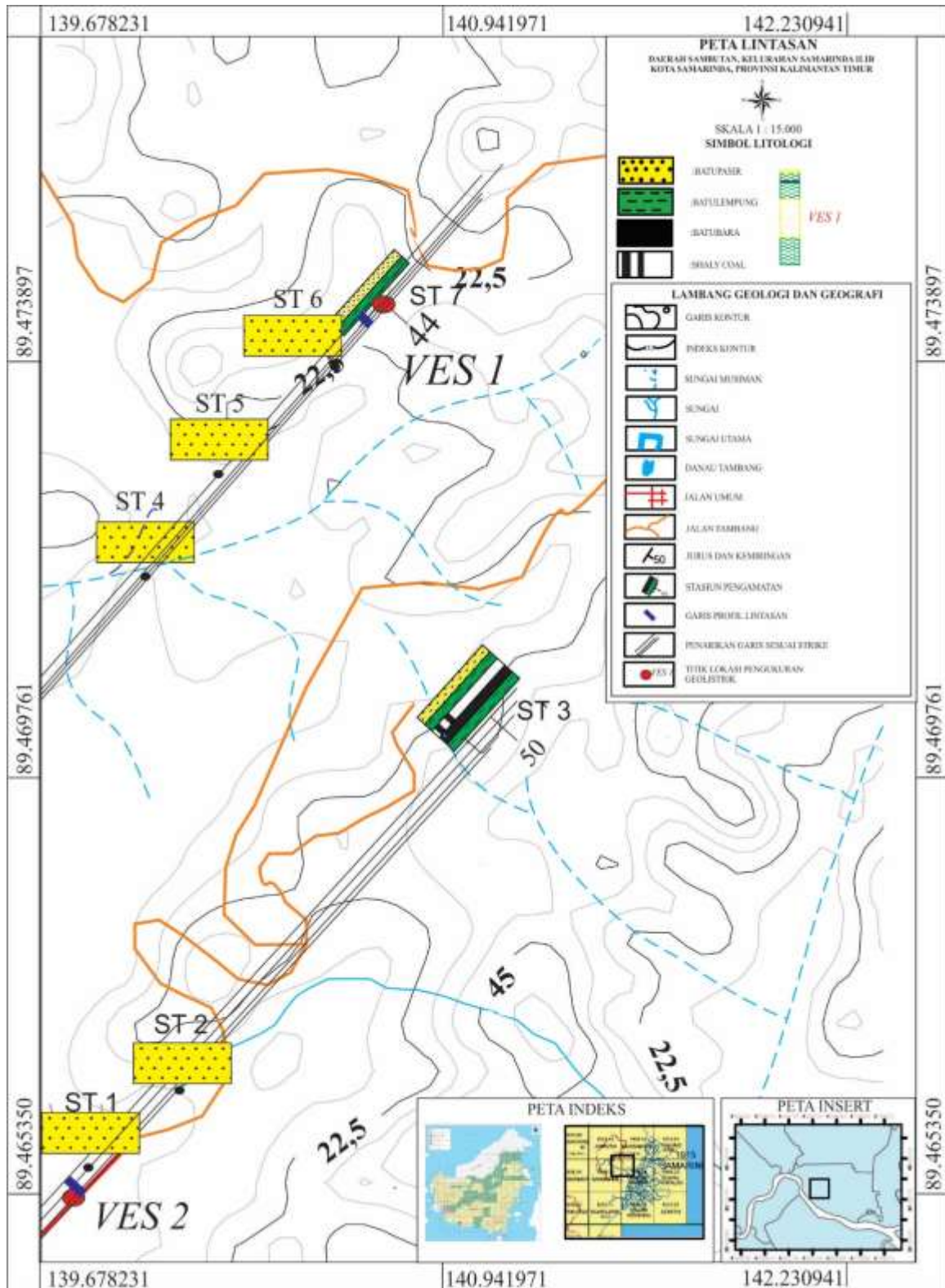
Data pengukuran penampang stratigrafi selanjutnya diolah dengan membuat tabel profil lintasan yang berisi tentang nama satuan, ketebalan, deskripsi dan pemerian batuan, serta lingkungan pengendapan batuan terbentuk untuk batuan sedimen.

Data resistivitas yang diperoleh baik 1D maupun 2D selanjutnya diolah untuk menghitung nilai resistivitas semu. Nilai resistivitas 1D atau *VES* semu dan geometri pengukuran dijadikan data masukan pada aplikasi IP2Win untuk memperoleh ke dalam dan resistivitas sebenarnya pada daerah penelitian. Dari nilai resistivitas ini kemudian diinterpretasi jenis litologi dengan bantuan data hasil pengukuran penampang stratigrafi. Tahap selanjutnya adalah membuat korelasi litologi antara data penampang stratigrafi dan *VES* terkait potensi airtanah daerah penelitian.

Data resistivitas 2D dan geometri pengukuran yang telah diolah selanjutnya disimpan dalam bentuk ekstensi .dat dan dimasukkan pada program pengolah data resistivitas untuk dilakukan inversi sehingga dapat dilihat variasi resistivitas batuan bawah permukaan.

Hasil dan Pembahasan

Stratigrafi Daerah Penelitian



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Berdasarkan litodemik resmi dan tidak resmi pada Komisi Sandi Statigrafi Indonesia Ikatan Ahli Geologi Indonesia (1996), Satuan batuan pada daerah Sambutan, Kelurahan Samarinda Ilir, Kota

Samarinda, Kalimantan Timur dibagi dan dinamakan berdasar ciri fisik dominasi litologi pada daerah penelitian yang dapat dipetakan berskala 1:25.000 serta penentuan berdasarkan pengamatan

petrologi untuk menentukan mineral dalam satuan batuan maupun anggota satuan batuan. Adapun satuan batuan di kelompokkan menjadi 3 bagian dari yang tua sampai ke yang muda (*Lampiran 1*), yakni:

- a. Satuan Batupasir Sedang Sambutan
Satuan ini mempunyai tebal satuan batuan ± 2.075 m dan tebal singkapan $\pm 3-7$ m. Satuan batupasir sedang Sambutan ini mempunyai 2 (dua) anggota satuan batuan, yaitu anggota satuan batupasir sedang dan anggota satuan batulempung laminasi.
- b. Satuan Batupasir Kasar Sambutan
Berdasarkan pengukuran penampang geologi yang dibuat tegak lurus perlapisan batuan, ketebalan satuan batuan ini ± 2.900 m dan satuan batupasir kasar Sambutan memiliki 3 (tiga) anggota satuan batuan, yakni anggota satuan batulempung, anggota satuan batubara, dan anggota satuan batupasir kasar.
- c. Satuan Endapan Aluvial
Satuan aluvial yang mendominasi adalah pedataran banjir. Dari aspek morfologi, satuan ini bercirikan dengan pemukiman warga, persawahan ataupun aktifitas manusia lain yang dekat dengan sungai utama. Ditemukan tanah dari batupasir kuarsa dengan tingginya oksidasi, mempunyai ketebalan sekitar 10 meter.

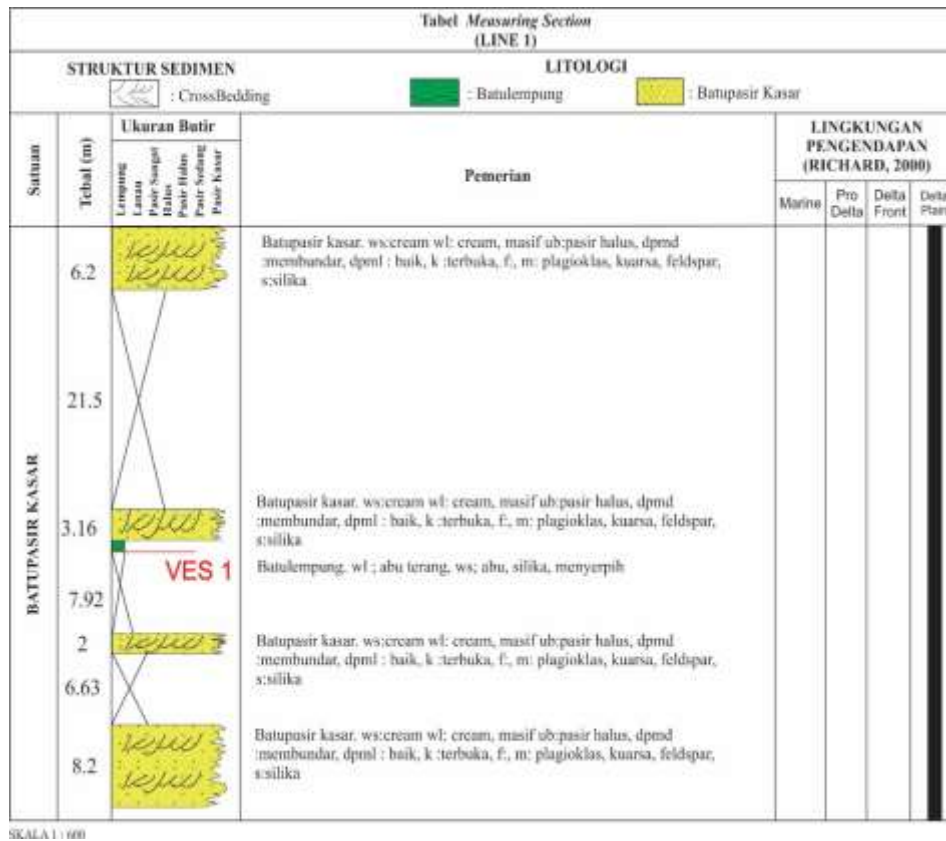
Pengukuran Measuring Section

Pada daerah penelitian didapatkan 7 singkapan batuan dengan kode ST 1 sampai ST 7. Singkapan yang ditemukan umumnya berupa batupasir dan perselingan batupasir, batubara, dan batulempung. Lintasan penampang stratigrafi mengikuti arah singkapan batuan ditemukan dengan mengambil 2 lintasan pengukuran penampang stratigrafi. Peta lokasi penelitian dan lokasi pengambilan data dilihat pada Gambar 1.

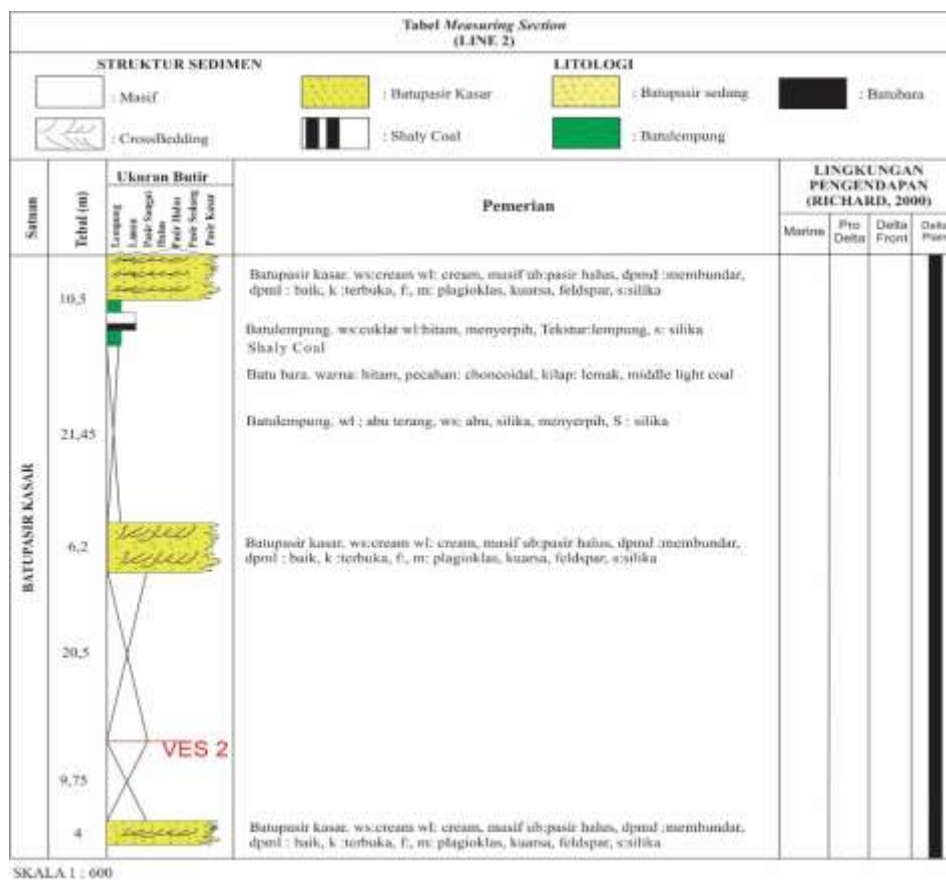
Pengukuran penampang stratigrafi pada *Line 1* dengan kedudukan batuan N140E/44 didapatkan empat singkapan batuan yang semuanya berupa batupasir kasar. Pada singkapan kedua ditemukan batulempung yang merupakan anggota satuan batupasir ini. Semua lapisan batupasir ini merupakan lapisan akuifer tertekan.

Pengukuran *Measuring Section* pada *Line 2* dengan kedudukan batuan N140E/50 didapatkan tiga singkapan batuan yang semuanya juga berupa batupasir kasar-sedang. Pada singkapan pertama ditemukan batulempung dan batubara yang merupakan anggota satuan batupasir ini. Semua lapisan batupasir ini merupakan lapisan akuifer tertekan dan batulempung dan batubara masing-masing merupakan akuitar dan akuiklud.

Profil penampang stratigrafi *Line 1* dan *Line 2* ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Tabel pengukuran profil lintasan Line 1.



Gambar 3. Tabel pengukuran profil lintasan Line 2.

Interpretasi Data Resistivitas 1D (VES)


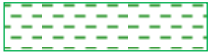
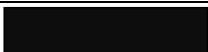



Sebelum tahapan interpretasi, data *VES 1* dan *VES 2* terlebih dahulu diolah untuk mendapatkan nilai resistivitas semu (*Lampiran 2*). Selanjutnya, data nilai resistivitas semu dan geometri pengukuran dimasukkan ke aplikasi IP2Win untuk memperoleh grafik inversi, kedalaman, dan nilai resistivitas sebenarnya pada daerah penelitian (*Lampiran 3*). Interpretasi nilai resistivitas merujuk pada hasil penelitian Devy (2017) yang meneliti tentang kondisi hidrogeologi Kota Samarinda.

Hasil analisis data *VES 1* diperoleh nilai *error* 1,41%, dipadukan dengan data geologi permukaan maka diinterpretasi bahwa resistivitas 6,434 – 18,44 Ωm adalah batulempung, resistivitas 13,13 – 23,07 Ωm adalah pasir (jenuh), resistivitas 33,59 – 94,54 Ωm adalah batubara,







resistivitas 85,14 – 204,6 Ωm adalah batupasir kasar. Semua lapisan pasir dan batupasir merupakan lapisan akuifer dengan jenis akuifer adalah akuifer bebas dan tertekan. Secara ringkas ditampilkan pada Tabel 1.

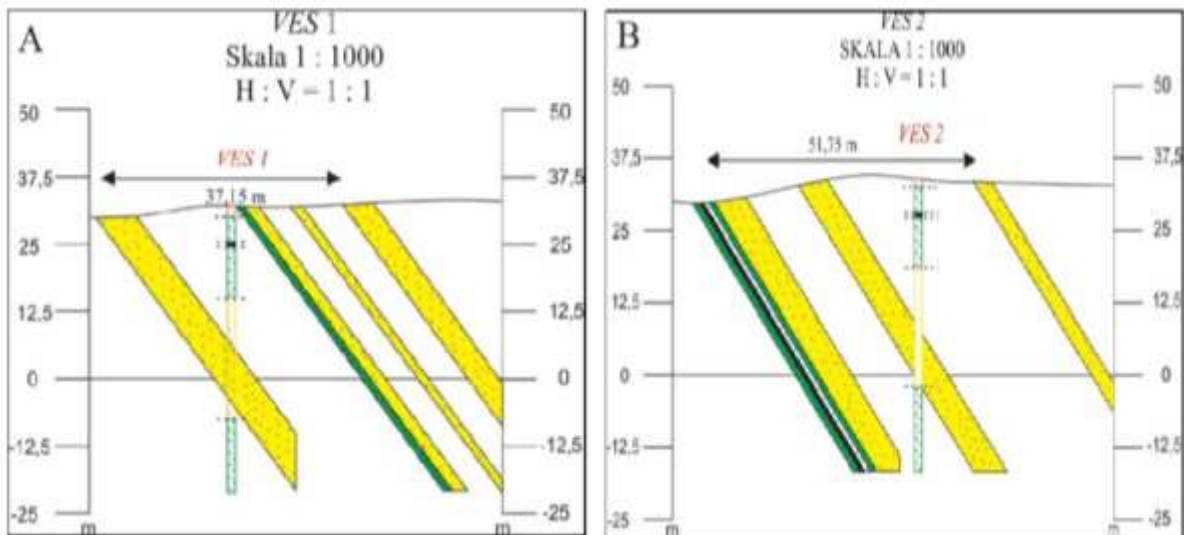
Hasil analisis data *VES 2* diperoleh nilai *error* 1,35% dipadukan dengan data geologi permukaan maka dapat diinterpretasi bahwa resistivitas 6,186 – 20,79 Ωm adalah batulempung, resistivitas 11,95 – 22,99 Ωm adalah pasir (jenuh), resistivitas 78,14 – 211 Ωm adalah batupasir kasar dan resistivitas 22,96 – 97,53 Ωm adalah batubara. Dari nilai resistivitas diinterpretasi terdapat dua jenis akuifer yaitu akuifer bebas pada kedalaman 1,381 – 1,511 m dan akuifer tertekan pada kedalaman 22,79 – 28,89 m dari titik pengukuran. Secara ringkas ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai resistivitas hasil pengukuran *VES 1*

NO	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Interpretasi Material	Interpretasi Litologi	Jenis Akuifer
1	13,13-23,07	1,358-1,521	Pasir		Akuifer Bebas
2	7,28	2,675	Batulempung		Akuiklud
3	33,59-94,54	5,078-5,808	Batubara		Akuitar
4	6,399-18,44	9,9985-12,84	Batulempung		Akuiklud
5	85,14-204,6	22,96-29,67	Batupasir Kasar		Akuifer Tertekan
6	6,434	39,93	Batulempung		Akuiklud

Tabel 2. Nilai resistivitas hasil pengukuran *VES 2*

NO	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Interpretasi Material	Interpretasi Litologi	Jenis Akuifer
1	11,95-22,99	1,381-1,511	Pasir		Akuifer Bebas
2	7,193	2,649	Batulempung		Akuiklud
3	22,96-97,53	5,066-5,717	Batubara		Akuitar
4	6,313-20,79	9,995-12,55	Batulempung		Akuiklud
5	78,14-211	22,79-28,89	Batupasir Kasar		Akuifer tertekan
6	6,186	39,9	Batulempung		Akuiklud



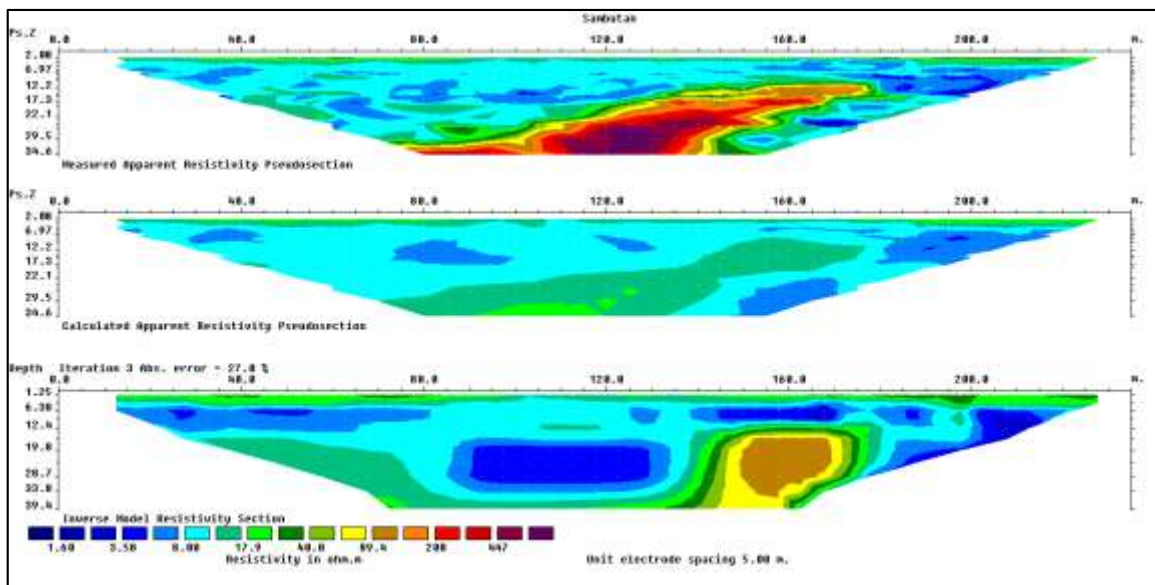
Gambar 4. Korelasi singkapan batuan (A) Line1 dan VES1, dan (B) Line 2 dan VES 2.

Setelah menginterpretasi data resistivitas 1D (VES) selanjutnya mengkorelasikannya dengan data singkapan batuan. Adanya data singkapan ini juga digunakan sebagai dasar atau acuan untuk menginterpretasi litologi bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitasnya dengan cara menghitung kedalaman batuan yang tersingkap dari kemiringan batuan (*dip*) terhadap jarak antara lokasi singkapan dan titik pengukuran resistivitas 1D (VES). Korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Interpretasi Data Resistivitas 2D

Selain melakukan pengukuran resistivitas 1D juga dilakukan pengukuran resistivitas 2D (Res2D) searah *dip* batuan menggunakan konfigurasi *dipole-dipole*, panjang bentangan 230 meter dan kedalaman hingga 30 meter. Jarak elektroda terkecil adalah 5 meter dengan jumlah sebanyak 6, dan total data pengukuran adalah sebanyak 609 data.

Data resistivitas 2D ini diolah terlebih dahulu untuk menghitung resistivitas semu dan selanjutnya dianalisis dengan bantuan komputer untuk menghitung nilai resistivitas bawah permukaan secara dua dimensi.



Gambar 5. Penampang resistivitas 2D.

Dari hasil analisis data resistivitas 2D pada Gambar 5 di atas diinterpretasi bahwa adanya anomali resistivitas yang sangat rendah dengan nilai antara 1,68 – 40 Ω m merupakan lempung atau batulempung sedangkan resistivitas 40 – 90 Ω m adalah litologi yang diinterpretasi tersaturasi oleh airtanah. Model resistivitas 2D ini memiliki nilai *error* sebesar 27%.

Kesimpulan

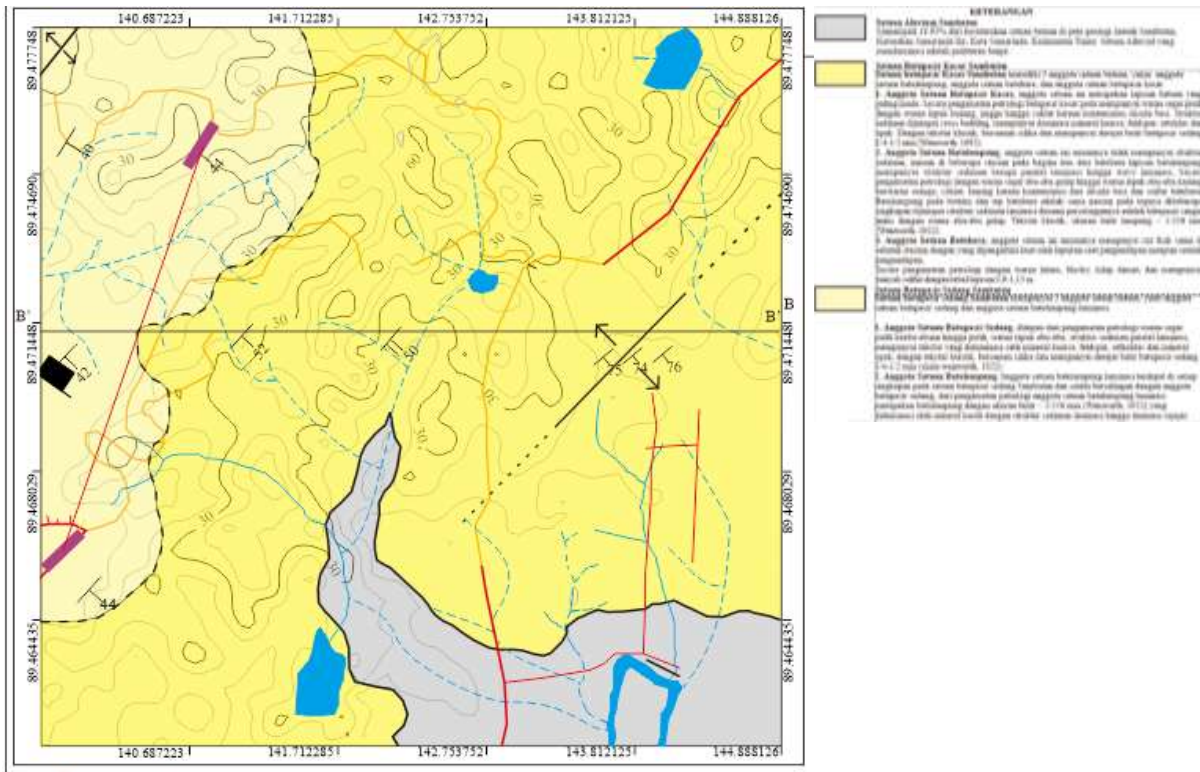
Berdasarkan data pengukuran stratigrafi dan survei resistivitas 1D dan 2D dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengukuran penampang stratigrafi (*measuring section*) terdapat dua litologi yang dapat menjadi lapisan akuifer yaitu batupasir kasar dan batupasir sedang.
2. Berdasarkan korelasi singkapan batuan *Line 1* dan hasil *VES 1* didapatkan lapisan akuifer pada kedalaman 22,96 – 29,67 m dari titik pengukuran dengan jenis akuifer adalah akuifer tertekan pada daerah penelitian.
3. Berdasarkan korelasi singkapan batuan *Line 2* dan hasil *VES 2* didapatkan akuifer pada kedalaman 22,79 – 28,89 m dari titik pengukuran dengan jenis akuifer adalah akuifer tertekan pada daerah penelitian.
4. Dari hasil pemodelan resistivitas 2D diinterpretasi terdapat adanya lapisan akuifer pada kedalaman 19 meter dengan nilai resistivitas 40 – 90 Ω m.

Daftar Pustaka

- Devy, D.S., Hasan, H., Nugroho, W., 2017. *Hidrogeologi Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Komisi Sandi Statigrafi Indonesia Ikatan Ahli Geologi Indonesia. 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. IAGI.
- Noor, Djauhari. 2016. *Prinsip-prinsip Stratigrafi*. Pakuan University Press, Bogor.
- Saputra, H. 2014. *Pemetaan Akuifer Air Tanah Dengan Metode Resistivitas Sounding Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Provinsi Yogyakarta*. Program Studi Geofisika – UGM, Yogyakarta.
- Suyanto, I. 2013. *Perbandingan Survei dan Analisis Data Geolistrik Sounding Daerah Pantai dan Pegunungan: Studi Kasus Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah*, Lab. Geofisika – FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Telford, W.M., L.P. Geldart., R.E. Sheriff., D.A Keys. 1982. *Applied Geophysic Second Edition*. Cambridge University Press, London, Hal. 289-290, 524.

Lampiran 1. Peta Geologi Detail dan Foto Singkapan



Singkapan Batupasir Kasar



Endapan Aluvium



Lampiran 2. Pengolahan Data VES

Hasil data *Line 1*

Lokasi:	ves 1
Koordinat:	0.49103333S, 117.21644500E
Elevasi:	41.3m

Catatan:

<u>AB/2 (m)</u>	<u>MN/2 (m)</u>	<u>K</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>dev. st.</u>	<u>M (ms)</u>
2	1	12	361	516	110	17	0	0
4	1	49	351	116	112	16	0	1
6	1	112	323	52	114	18	0	-2
10	1	313	389	28	116	23	0	0
10	1	156	387	55	77	22	0	-15
15	1	352	749	52	86	24	0	1
25	1	980	851	21	96	24	0	-32
30	1	1412	540	9	99	24	0	-11
30	2	704	870	28	319	23	0	-86
35	2	959	328	8	301	25	0	3
40	2	1253	426	9	307	26	0	9
50	2	1960	456	7	317	28	0	11
50	5	778	454	15	69	26	0	-140
60	5	1123	332	8	4	26	0	-69
70	5	1532	413	7	-14	27	0	-50
80	5	2003	643	9	-59	27	0	-28
100	5	3134	733	6	-75	26	0	-66
100	20	754	733	28	4	29	0	-38

Hasil data *Line 2*

Lokasi:	ves 2
Koordinat:	
Elevasi:	
Catatan:	

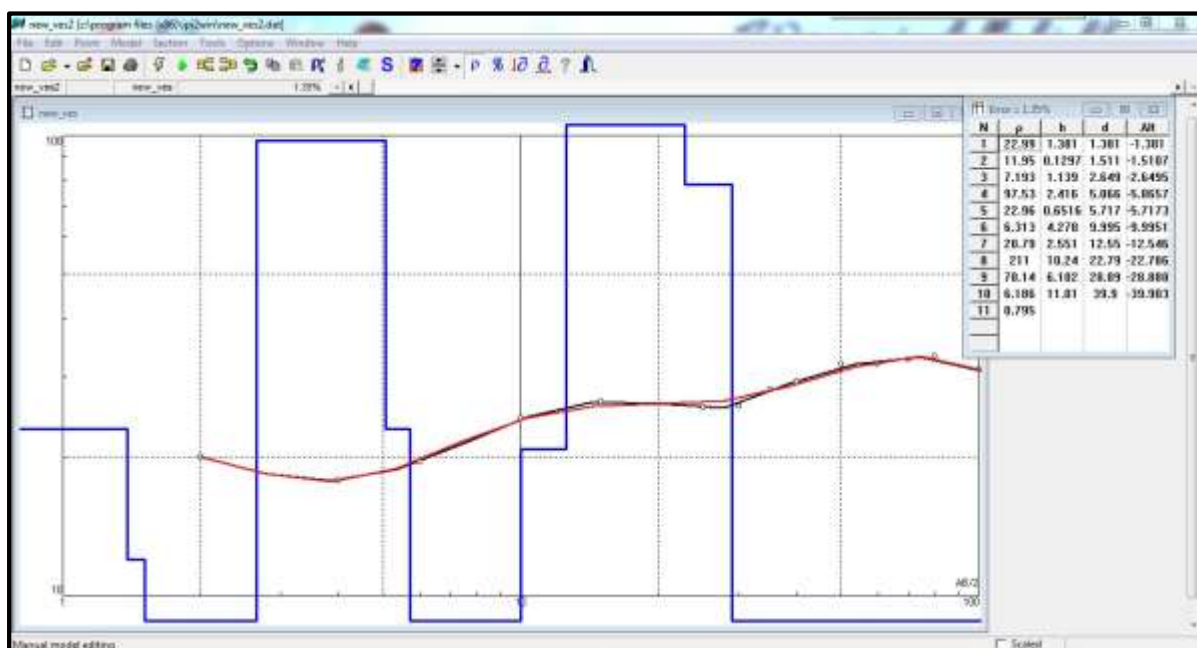
<u>AB/2 (m)</u>	<u>MN/2 (m)</u>	<u>K</u>	<u>I</u> <u>(mA)</u>	<u>V</u> <u>(mV)</u>	<u>PS</u> <u>(mV)</u>	<u>r</u> <u>(O*m)</u>	<u>dev. st.</u>	<u>M (ms)</u>
2	1	12	265	503	-25	22	0	-1
4	1	49	319	106	-27	16	0	4
6	1	112	324	44	-28	15	0	5
10	1	313	479	19	-29	13	0	26
10	1	156	477	40	-6	13	0	84
15	1	352	467	16	15	12	0	18
25	1	980	303	4	14	11	0	18
30	1	1412	468	4	13	13	0	78
30	2	704	469	7	59	10	0	-651
35	2	959	260	4	-4	16	0	-25
40	2	1253	461	6	-11	17	0	30
50	2	1960	268	2	-13	13	0	126
50	5	778	268	6	37	18	0	1055
60	5	1123	285	5	41	19	0	452
70	5	1532	361	1	32	5	0	-1559
80	5	2003	266	1	29	10	0	-106
100	5	3134	635	3	20	16	0	150
100	20	754	634	10	170	12	0	-606

Lampiran 3. Inversi Data VES

VES 1



VES 2



INTERPRETASI STRUKTUR PERLAPISAN TANAH MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS

Erfan*, Syamsuddin, Arum Wahyuni, Jumatriani, St. Syakirah, Illa

Departemen Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar

*Penulis koresponden. Alamat email: erfan.syamsudin@unhas.ac.id

Abstrak

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika dengan uji tidak merusak (*non-destructive test*) sifat fisik asli tanah atau batuan. Penginjeksian arus listrik pada permukaan tanah merupakan ciri dari metode ini, yang kemudian diikuti dengan pembacaan beda potensial melalui sepasang elektroda lainnya. Konfigurasi elektroda arus dan potensial dikondisikan berdasarkan konfigurasi Werner-Schlumberger. Akuisisi data diperoleh dari 3 lokasi yang berbeda untuk memperoleh pemahaman tentang struktur bawah permukaan yang lebih baik. Interpretasi terhadap material lapisan tanah dilakukan dengan memanfaatkan penampang resistivitas setelah dilakukan pengolahan data menggunakan *software Res2dinv*. Hasil yang diperoleh adalah variasi nilai resistivitas dan interpretasi lapisan tanah untuk masing masing lokasi pengambilan data..

Kata Kunci: Lapisan tanah; Resistivitas; Res2dinv.

Abstract

The resistivity method is a geophysical method with a non-destructive test of the original physical properties of soil or rock. The injection of an electric current at the ground surface is a feature of this method, which is then followed by the reading of the potential difference by means of another pair of electrodes. The current and potential electrode configurations are conditioned on the Werner-Schlumberger configuration. Data acquisition was obtained from 3 different locations to get a better understanding of subsurface structures. Interpretation of soil material is carried out by utilizing a resistivity cross section after processing data using Res2dinv software. The results obtained are variations in resistivity values and soil layer interpretation for each data collection.

Keywords: Soil layers; Resistivity; Res2dinv.

Pendahuluan

Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang tanah dan batuan melalui sifat sifat fisiknya. Telaah tentang struktur bawah permukaan dengan memanfaatkan hukum hukum ilmu fisika, serta pemodelan fisik dan matematis untuk mengetahui kandungan mineral dan struktur lapisan di bawah permukaan bumi merupakan ciri dasar dari ilmu ini.

Pengukuran – pengukuran lapangan dilakukan dengan menggunakan metode geofisika tertentu, yang kemudian dapat dilanjutkan melalui analisa laboratorium. Kegiatan eksplorasi geofisika dapat memanfaatkan hukum – hukum fisika, serta pemodelan matematika bergantung pada jenis metode geofisika yang akan diterapkan dan sumber energinya baik pasif ataupun aktif. Tujuan akhir dari kegiatan eksplorasi adalah peningkatan

perekonomian dan kelangsungan kehidupan manusia yang lebih baik.

Penggunaan metode – metode geofisika dapat saja diintegrasikan untuk suatu kasus atau obyek penelitian tertentu, dalam rangka memperoleh hasil interpretasi yang lebih baik. Akan tetapi, target penelitian yang akan dituju memungkinkan penggunaan metode geofisika diefisienkan, sebagai contoh, untuk tujuan pencarian sumber – sumber mineral tertentu dapat digunakan metode geomagnet dan GPR (*Ground Penetrating Radar*) dengan sumber gelombang elektromagnet. Pada target penelitian lain, misalnya untuk mengetahui struktur dan jenis tanah dan batuan dan daya dukung, dapat memanfaatkan metode geolistrik dan seismik.

Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan metode geofisika yang sifatnya tidak merusak (*non-destructive*) sifat fisik tanah atau batuan. Metode geofisika yang akan dimanfaatkan pada penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas, Penginjeksian arus listrik di permukaan tanah melalui sepasang elektroda arus, yang kemudian dilanjutkan dengan pembacaan beda potensial listrik melalui sepasang elektroda potensial merupakan ciri dasar dari metode ini. Sifat kelistrikan material bumi, kemudian dapat diungkap melalui metode ini. Kelebihan dari metode ini adalah efisiensi pada akuisisi data dan tanpa pengeboran yang cenderung akan merusak sifat asli tanah dan batuan. Akuisisi data dilakukan pada tiga tempat yang berbeda untuk dianalisis jenis tanah dan batuan dari penampang resistivitas yang diperoleh.

Metode Penelitian

Reynold (1997) menjelaskan bahwa variasi resistivitas lapisan tanah di bawah permukaan dapat diungkap dengan mengetahui beda potensial listriknya, setelah melalui injeksi arus listrik. Pengukuran dilakukan dengan

menggunakan sepasang elektroda arus dan potensial yang kemudian memungkinkan pembacaan parameter kelistrikan tanah dan batuan dapat diperoleh.

Dasar perhitungan dilakukan melalui hukum Ohm (1), menghubungkan antara arus listrik yang mengalir pada sebuah material konduktif dengan tegangan listrik yang dihasilkan. Hubungan secara matematis dari hukum tersebut dapat ditulis:

$$\Delta V = IR \quad (1)$$

dengan:

ΔV = Beda potensial (Volt),

I = Arus listrik (Ampere)

R = Resistansi (Ohm).

Selanjutnya, Kearey (2002) membedakan pengertian sifat hambatan (*resistansi*) yang dimiliki oleh arus listrik ketika mengalir melewati suatu material dengan resistivitas. Dalam ungkapannya, resistivitas listrik tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material, akan tetapi juga dipengaruhi oleh bentuk geometri bahan yang dilewati arus listrik. Dengan demikian, bentuk geometri dan tahanan listrik suatu bahan merupakan parameter penting di dalam menentukan nilai resistivitas suatu material, dengan hubungan matematis seperti berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

dengan:

R = Resistansi (Ohm)

ρ = Resistivitas (Ohm.m)

L = Perubahan panjang penampang (m)

A = Luas permukaan penampang (m²)

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (2) menghasilkan hubungan matematis seperti:

$$\rho = \frac{A \Delta V}{L I} \quad (3)$$

Resistivitas (ρ) yang sesungguhnya dari suatu material dapat diperoleh dengan memanfaatkan persamaan (3). Akan tetapi, istilah resistivitas semu (*apparent*

resistivity) (ρ_a) muncul kemudian setelah didapatkan bahwa pada kenyataannya bumi atau lapisan di bawah permukaan merupakan material yang tidak homogen. Wijaya (2009) mengungkapkan bahwa nilai resistivitas yang terbaca dalam pengukuran geolistrik tahanan jenis adalah fiktif homogen yang setara dengan tinjauan bahwa struktu di bawah permukaan bumi bumi adalah berlapis.

Formulasi kemudian berubah dengan memperhatikan faktor resistivitas dari nilai sesungguhnya, melalui hubungan berikut:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

Faktor k pada persamaan (4) berhubungan dengan bentuk geometri material dan konfigurasi elektroda arus dan potensial yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. Salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam metode geolistrik adalah gabungan antara metode Wenner dan Schlumberger. Konfigurasi ini sensitif terhadap perubahan lateral material bumi. Faktor geometri (k) mengalami reformulasi dengan konfigurasi ini menjadi (Loke, 2004):

$$k = \pi n(n + 1)a \quad (5)$$

Simbol “a” pada persamaan (5) adalah jarak antara elektroda potensial, sedangkan n adalah jumlah pasangan elektroda arus listrik. Dengan demikian persamaan (4) dikembangkan menjadi persamaan (6) setelah disubstitusi nilai k pada persamaan (5) (Loke, 2004):

$$\rho_a = \pi n(n + 1)a \frac{\Delta V}{I} \quad (6)$$

Nilai resistivitas fiktif kemudian dapat dihitung untuk setiap kedalaman.

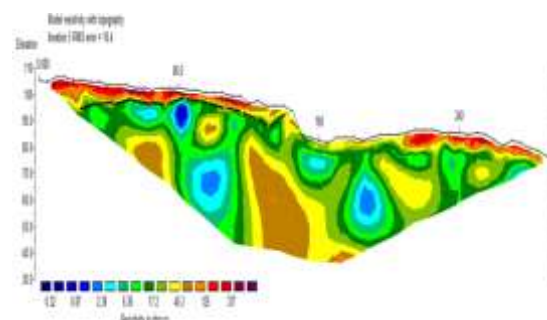
Berikut adalah tampilan tabel (Tabel 1) jenis material dengan rentang nilai resistivitasnya. Tabel ini digunakan untuk memperoleh citra nilai resistivitas setelah dilakukan pengukuran resistivitas yang

diimplementasikan ke dalam software *Res2dinv*.

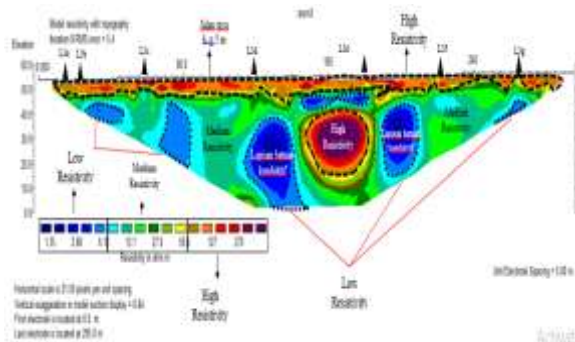
Tabel 1. Nilai resistivitas batuan (Telford dkk., 1990)

Material	Resistivitas (Ωm)
Udara (Air)	~
Pirit (Pyrite)	0.01-100
Kwarsa (Quartz)	500-800000
Kalsit (Calcite)	1×10^{12} - 1×10^{13}
Garam Batu (Rock salt)	$30 \cdot 1 \times 10^{13}$
Granit (Granite)	200-10000
Andesit (Andesite)	1.7×10^2 - 45×10^4
Basal (Basalt)	200-100000
Gamping (Limestone)	500-10000
Batu pasir (Sandstone)	200-8000
Batu tulis (Shales)	20-2000
Pasir (Sand)	1-1000
Lempung (Clay)	1-100
Air tanah (Ground water)	0.5-300
Air asin (Sea water)	0.2
Magnetit (Magnetite)	0.01-1000
Kerikil kering (Dry gravel)	600-10000
Aluvium (Alluvium)	10-800
Kerikil (Gravel)	100-600

Hasil dan Pembahasan



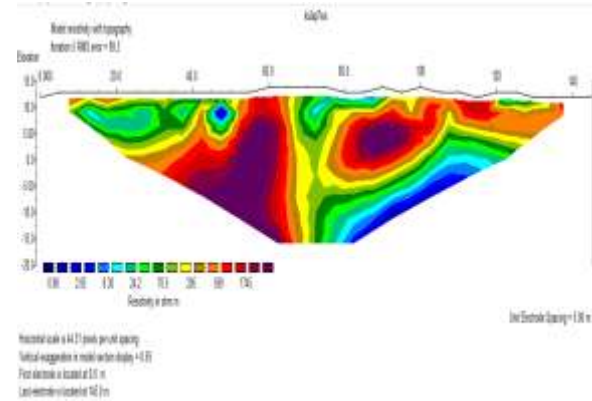
Ωm . Pada keadaan ini lapisan tanah diduga sebagai lapisan gamping pasiran yang biasanya merupakan lapisan lolos air (*permeable*). Selanjutnya, nilai resistivitas lapisan tanah dengan dari warna hijau tua ke hijau mudah memiliki rentang dari 6,36 Ωm sampai 17,1 Ωm , yang diinterpretasikan sebagai lapisan kedap air atau *impermeable* berupa lapisan lempung (*clay*).



Gambar 2. Penampang resistivitas pada lokasi II

Selanjutnya pada lokasi II diperoleh penampang resistivitas yang diperoleh dapat diperlihatkan pada Gambar 2. Dalam rangka memudahkan pembacaan nilai resistivitas, pembacaan dibagi ke dalam 3 bagian yakni: bagian dengan nilai resistivitas rendah $< 6,13 \Omega m$, nilai resistivitas sedang dalam rentang ($6,13 \Omega m - 59,4 \Omega m$) dan nilai resistivitas tinggi ($> 59,4 \Omega m$). Pada lapisan dengan nilai resistivitas rendah diduga terdiri atas batulempung yang kedap air. Selanjutnya, pada lapisan dengan nilai resistivitas sedang diduga terdiri dari lapisan batupasir yang bersifat lolos air. Kemudian pada lapisan dengan nilai resistivitas tinggi diduga sebagai batuan keras seperti batugamping dan basalt.

Pada lokasi III penampang resistivitas sebagaimana terlihat pada Gambar 3 terlihat adanya formasi berbentuk *dyke* yang biasanya merupakan tempat akumulasi air tanah, yang diduga merupakan material berupa batugamping.



Gambar 3. Penampang resistivitas pada lokasi III

Kesimpulan

Dari akuisisi dan pengolahan data geolistrik tahanan jenis pada 3 lokasi yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat perbedaan material pada setiap lapisan tanah atau batuan, dengan nilai resistivitas yang bervariasi.
2. Diprediksi bahwa struktur perlapisan tanah pada umumnya berupa material lempung, pasir dan batugamping. Lapisan pasir dan lempung diprediksi terdapat pada lokasi kedua, tempat pengambilan data berupa lereng, ditemukan beberapa titik longsor. Selanjutnya, diperkirakan terdapat struktur tanah berupa batugamping yang membentuk *dyke* di lokasi ketiga.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada LP2M Universitas Hasanuddin yang telah membantu pembiayaan penelitian melalui skema PDPA dan beberapa pihak yang telah membantu dalam akuisisi data di lapangan.

Daftar Pustaka

- Kearey, P., Michael, B., Ian, H. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Science Ltd. London.
- Loke, M.H. 2004. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and*

- Engineering Studies; A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys.*
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics.* New York: John Wiley & Sons.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics, Second Edition.* Cambridge University Press, United State of America.
- Wijaya, Lean. 2009. *Identifikasi Pencemaran Airtanah dengan Metode Geolistrik Di Wilayah Ngringo Jaten Karanganyar.* Jurusan Fisika. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

PETUNJUK PENULISAN

1. Jurnal Geoelebes memuat tulisan berupa hasil penelitian, kajian teoretik dan aplikasi, dan gagasan yang berhubungan dengan ilmu kebumihan.
2. Naskah yang diterima merupakan naskah asli yang belum pernah diterbitkan di media yang lain baik secara online maupun cetak.
3. Proses penerbitan jurnal melalui tahapan pemasukan naskah (*submission*) ke sekretariat tim redaksi, selanjutnya akan direviw oleh mitra bestari yang ahli dalam bidang kebumihan. Hasil review akan diedit oleh tim redaksi mengikuti layout yang telah ditentukan dan kemudian diterbitkan secara online dan cetak.
4. Penulis diharapkan mendaftar ke Sistem Jurnal Online (*Online Journal System – OJS*) Jurnal Geoelebes dengan tautan journal.unhas.ac.id/index.php/geoelebes/ untuk memudahkan tahapan-tahapan penerbitan.
5. Naskah ditulis mengikuti kaidah tata bahasa Indonesia.
6. Naskah diketik dalam bentuk 2 (dua) kolom dengan spasi tunggal menggunakan huruf *Times New Roman 12 pt*. Naskah memuat maksimal 10 halaman dan diserahkan paling lambat 1 (satu) bulan sebelum bulan penerbitan ke tim redaksi dalam bentuk *soft file*. Naskah juga dapat dikirimkan melalui email geoelebes@sci.unhas.ac.id.
7. Setiap naskah harus disertai (a) abstrak dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris (50 – 200 kata) yang dilengkapi dengan kata kunci (3 – 5 kata), (b) identitas penulis (tanpa gelar akademik), afiliasi dan alamat e-mail penulis koresponden, (c) pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang, tujuan atau ruang lingkup tulisan, dan pembahasan kepustakaan (d) metode penelitian yang menjelaskan tentang sumber data, alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian, pengolahan dan analisis data, (e) hasil penelitian dan pembahasan, (f) kesimpulan dan saran, (g) ucapan terima kasih, dan (h) daftar pustaka yang disajikan mengikuti tatacara seperti contoh berikut dan diurutkan alfabetis.
Kim, J. J. and J.M. Lee. 1999. *Wave Induced Currents in the Coastal Zone*. Proc. Oceanography International 99 Pacific Rim. Pp: 293 - 303
8. Kepastian pemuatan atau penolakan naskah akan diberitahukan secara tertulis yang dikirimkan ke alamat e-mail penulis. Artikel yang tidak dimuat tidak akan dikembalikan kecuali atas permintaan penulis.



Indexing and Abstracting



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



ISSN 2579-5546



97700

