

**ZONASI ALTERASI DAN ANALISIS TINGKAT  
KESTABILAN LERENG TAMBANG EMAS TERBUKA DI  
PIT *NORTH* OSELA, *SITE* BAKAN, PT J RESOURCES  
BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**TUGAS AKHIR**

**YANDA MUFTI  
122.15.016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
DELTAMAS  
AGUSTUS 2019**

**ZONASI ALTERASI DAN ANALISIS TINGKAT  
KESTABILAN LERENG TAMBANG EMAS TERBUKA DI  
PIT *NORTH* OSELA, *SITE* BAKAN, PT J RESOURCES  
BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**TUGAS AKHIR**

**YANDA MUFTI**

**122.15.016**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
DELTAMAS  
AGUSTUS 2019**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Yanda Mufti**  
**NIM : 122.15.016**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 19 Agustus 2019**

**ZONASI ALTERASI DAN ANALISIS TINGKAT  
KESTABILAN LERENG TAMBANG EMAS TERBUKA DI  
PIT *NORTH* OSELA, *SITE* BAKAN, PT J RESOURCES  
BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**TUGAS AKHIR**

Disusun sebagai syarat memenuhi gelar sarjana strata satu (S-1)  
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik dan Desain  
Institut Teknologi dan Sains Bandung

Oleh

**Yanda Mufti  
122.15.016**

Menyetujui,  
Kota Deltamas , 19 Agustus 2019

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Andyono B Santoso, S.T., M.T.  
NIDN.0413028008

Rian Andriansyah, S.T.,M.T.  
NIDN.0416027901

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Pertambangan ITSB

Ir. Mulyono Hadiprayitno, M.Sc.  
NUPN. 9944000081

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Penelitian Tugas Akhir di PT. J Resources Bolaang Mongondow dengan judul “Zonasi Alterasi dan Analisis Tingkat Kestabilan Lereng Tambang Emas Terbuka di Pit *North* Osela, *Site* Bakan, PT. J Resources Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara” dengan lancar.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan dalam penulisan Laporan Penelitian Tugas Akhir ini, yakni kepada:

1. Bapak Muspida dan Ibu Mainiar selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik moril ataupun materi.
2. Bapak Ir. Mulyono Hadiprayitno, M.Sc. selaku ketua program studi Teknik Pertambangan yang telah memberikan pelayanan administrasi yang sangat memuaskan.
3. Bapak Andyono Broto Santoso, S.T., M.T. dan Bapak Rian Andriansyah S.T., M.T selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Samuel Sirait, S.T.,M.T dan Ibu Friska Agustin, S.T.,M.T selaku Penguji yang telah memberikan masukan dalam Tugas Akhir ini.
5. Bapak Maringan Panjaitan selaku Manager dari Mine Department PT. JRBM. Bapak Erik Wibisana Barnas selaku Supt. Engineer Mine Department PT. JRBM.
6. Bapak Raymond Yonathan Rumapar dan Bapak Muhammad Hadi Fadhillah selaku Geotech Engineer dan pembimbing lapangan. Bapak Reza Pahlevi, Bapak Edios Merah, Bapak Henry J.O.P, Bapak Patrick Kalangi, Bapak Pandu, Ibu Rosdalina Basri selaku Engineer di Mine Department PT. JRBM. Bapak I Ketut , Bapak Eddy , Bapak Muhammad Sakur, Bapak Adit, Bapak Bagus, Bapak Ivan, Kak Ica, Kak Linkan Selaku Geologist di Mine Geologi Departement PT. JRBM.
7. Bapak Crist, Bapak Rafi, Mas Yogi, Mas Oman, dan Mas Viktor selaku Engineer di Process Plant Department yang telah membantu penulis selama

berada di *site* berupa diskusi terkait penelitian dan aktifitas selama penulis berada di *site*.

8. Indah Setyadini selaku rekan dalam penelitian dan pengambilan data di lapangan. Jacky Yonathan, Kardo Polarman, Patriot selaku rekan magang periode Mei-Juli 2019 yang telah banyak membantu baik dalam penelitian maupun dalam keseharian selama penulis berada di *site* bakan.
9. Seluruh staf dan karyawan PT. J Resources Bolaang Mongondow yang namanya tidak bisa penulis cantumkan satu persatu.
10. Bapak Lily, mas anung, pak heru, ka Gias, mas ayad dan seluruh pihak tata usaha ITSB yang telah banyak membantu penulis dalam administrasi.
11. Vindia Puja Utama, Chessy, Cut Fat, Mahda Yusra, Melya, Oci, Oca, Syarifah, Ides, Nisak, Dinda, Sofyan, Iqbal, Rizky, Ijal, Ahlul, Ferdi dan Teman – teman angkatan 13 SMAN Unggul Aceh Selatan yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Amelia Kusuma Dewi, Sulaeman Muhammad, Irfan DW, Bawadi, Ilham, Mega, Sakina, Ka Reynaldo Adiputra, Ka Vinca, Ka Lina, Bang Bayu, Ka Caca, Aldo bre, Michael Pasuhuk, Bobby Maruduth , Iccang, Nur, Agung Mulyadin, Ibham yamin, Ari, Hizkia, Yerry, Renaldy, Landy, Reza Akhmad, Zarkasih, Ghulam, Ilham, Agum, Darta, Laras, Naomi, Ginandrea, Shandy, Nisa, Nover, dan teman - teman Tambang Angkatan 2016, 2015, 2014 dan 2013 yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Himpunan Mahasiswa Teknik Pertambangan ( HIMETA ) ITSB yang turut andil dalam menyemangati penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran untuk kebaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir ini. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat untuk para pembaca.

Kota Deltamas, 19 Agustus 2019

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yanda Mufti  
NIM : 122.15.016  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Fakultas : Teknik dan Desain  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ZONASI ALTERASI DAN ANALISIS TINGKAT KESTABILAN LERENG  
TAMBANG EMAS TERBUKA DI PIT *NORTH* OSELA, *SITE* BAKAN, PT J  
RESOURCES BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas  
Pada tanggal : 19 Agustus 2019  
Yang menyatakan,

( Yanda Mufti )

## SARI

Yanda Mufti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Progam Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi dan Sains Bandung (ITSB)  
Email : [muftiyanda@gmail.com](mailto:muftiyanda@gmail.com)

Indonesia adalah negara khatulistiwa yang memiliki kekayaan sumber daya alam, terutama mineral. Sumber daya mineral adalah komoditas yang paling penting karena memiliki keuntungan yang dihasilkan cukup besar dan ekonomis, salah satunya adalah emas. Sistem penambangan dalam prospek penelitian menggunakan sistem penambangan terbuka yang memiliki sistem prosedur keamanan sendiri dan digunakan untuk menjaga keselamatan para pekerjanya dan membuat pekerjaan yang dilakukan lebih efisien dan efektif. Salah satu elemen berupa stabilitas lereng di lokasi tambang yang diharapkan tidak terjadinya longsor dan tetap stabil sehingga produksi emas dalam prospek tercapai dengan kapasitas produksi 100.000 oz per tahun.

Analisis kestabilan lereng tambang menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR), *Geological Strength Index* (GSI), *Slope Mass Rating* (SMR) dan analisis kinematika untuk mengetahui potensi longsor pada setiap lereng tambang. Metode ini memiliki parameter klasifikasi massa batuan dan klasifikasi kestabilan lereng yang dapat diamati secara langsung dilapangan. Untuk menganalisis tingkat stabilitas lereng, data berupa parameter klasifikasi massa batuan dapat diambil menggunakan pemetaan windows (Wyllie dan Mah, 2004). Untuk menentukan potensi longsor di setiap lereng tambang, dapat dilakukan proyeksi stereografis menggunakan bantuan *software* Dips 6.0 yang berdasarkan data pengukuran langsung dilapangan sesuai dengan klasifikasi keruntuhan (Hoek dan Brown, 2002). Jenis batuan penyusun lereng tambang ditemukan alterasi berupa argilik, argilik lanjut, dan silisik. Nilai RMR paling baik dimiliki oleh alterasi silisik dan argilik lanjut dengan di dominasi oleh kelas I dan IIA. Sedangkan alterasi argilik memiliki nilai RMR yang lebih buruk dan kisaran yang beragam dengan didominasi kelas IIB dan disusul kelas IIIA. Nilai GSI dengan tipe alterasi silisik berada pada kelas II, alterasi argilik lanjut didominasi kelas IIIB, alterasi argilik didominasi kelas IV dengan kisaran nilai pembobotan 21 – 40.

Nilai SMR dengan tipe alterasi silisik berada pada kelas I, alterasi argilik lanjut didominasi kelas IIA dan alterasi argilik didominasi kelas IIIA. Semakin kecil nilai hasil pembobotan akan menyebabkan zona kerawanan longsor dikarenakan memiliki batuan penyusun lereng yang buruk. Berdasarkan hasil analisis kinematika diperoleh diskontinuitas dominan dengan arah relatif SW – NE dengan total diskontinuitas atau bidang lemah 1108. Pada area penelitian ditemukan 13 segmen yang memiliki potensi longsor, tipe longsor guling terdapat 5 segmen, tipe longsor bidang terdapat 4 segmen dan tipe longsor baji terdapat 4 segmen.

Kata kunci : Alterasi, analisis kinematika, pemetaan windows, kestabilan lereng.



## ABSTRACT

Yanda Mufti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mining Engineering Study Program, Institut Teknologi dan Sains Bandung (ITSB)  
Email : [muftiyanda@gmail.com](mailto:muftiyanda@gmail.com)

*Indonesia is an equatorial country that has a wealth of natural resources, especially minerals. Mineral resources are the most important commodity because they have large and economical profits, one of which is gold. The mining system in the prospect of research uses an open pit mining system that has its own security procedure system and is used to maintain the safety of its workers and make the work performed more efficient and effective. One element in the form of slope stability at the mine site is that it is expected that landslides will not occur and remain stable so that gold production in the prospect is achieved with a production capacity of 100,000 oz per year.*

*The mine slope stability analysis uses the Rock Mass Rating method (RMR), Geological Strength Index (GSI), Slope Mass Rating (SMR) and kinematics analysis to determine the potential of landslides on each mine slope. This method has rock mass classification parameters and slope stability classification that can To analyze the level of slope stability, data in the form of rock mass classification parameters can be taken using windows mapping (Wyllie and Mah, 2004) .To determine the potential of landslides on each mine slope, stereographic projection can be done using the Dips 6.0 software based on measurement data directly in the field according to the classification of collapse (Hoek and Brown, 2002) .The types of rocks that make up the slope of the mine found alteration in the form of argillic, argillic, and silicic. The RMR value is best possessed by advanced silicic and argillic alterations by being dominated by classes I and IIA. Whereas argillic alteration has a worse RMR value and a diverse range with dominated class IIB and followed by class IIIA. GSI values with silicic alteration types are in class II, advanced argillic alteration is dominated by class IIIB, argillic alteration is dominated by class IV with a weighting value range of 21-40.*

*SMR values with silicic alteration types are in class I, advanced argillic alteration is dominated by class IIA and alteration argilik is dominated by the IIIA class. The smaller the weighting result will cause a landslide vulnerability zone due to having poor slope constituent rocks. Based on the results of kinematics analysis, the dominant discontinuity in the relative direction of SW - NE was obtained with total discontinuities or weak fields 1108. In the study area, 13 segments that had potential failure were found, there were 5 segments of types of toppling failure, there were 4 segments planar failure and types of wedge failure 4 segments.*

*Keyword :Alteration, kinematic analysis, slope stability, windows mapping.*

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....  | ii   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....                      | iii  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                   | iv   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                       | v    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....                        | vii  |
| <b>SARI</b> .....   | viii |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | ix   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | x    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | xii  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | xiii |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                      | xi   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                                    | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1    |
| 1.1 Rumusan Masalah.....  | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....  | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                                       | 3    |
| 1.5 Lingkup Penelitian.....                                       | 4    |
| 1.6 Batasan Masalah .....   | 4    |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....                                   | 5    |
| 1.8 Diagram Alir Penelitian .....                                 | 6    |
| <b>BAB II TINJAUAN UMUM</b> .....                                 | 7    |
| 2.1 Geologi Regional Daerah Bakan .....                           | 7    |
| 2.1.1 Fisiografi Regional .....                                   | 7    |
| 2.1.2 Struktur Geologi Regional.....                              | 8    |
| 2.1.3 Stratigrafi Regional .....                                  | 10   |
| 2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....                        | 12   |
| 2.3 Administrasi Daerah Penelitian .....                          | 13   |
| 2.4 Topografi dan Morfologi .....                                 | 14   |
| 2.5 Kesampaian Daerah Penelitian.....                             | 16   |
| 2.6 Iklim dan Curah Hujan .....                                   | 17   |
| <b>BAB III DASAR TEORI</b> .....                                  | 20   |
| 3.1 Defenisi Masalah Kestabilan Lereng.....                       | 20   |
| 3.1.1 Pengertian Longsor.....                                     | 21   |
| 3.2 Kestabilan Lereng dan Faktor – Faktor yang Mempengaruhi ..... | 21   |
| 3.2.1 Geometri Lereng.....  | 22   |
| 3.2.2 Struktur Geologi.....                                       | 22   |
| 3.2.3 Kekuatan Massa Batuan .....                                 | 24   |
| 3.3 Analisa Kestabilan Lereng .....                               | 36   |
| 3.3.1 Slope Mass Rating ( SMR ).....                              | 36   |
| 3.4 Alterasi Hidrotermal .....                                    | 40   |
| 3.4.1 Defenisi Alterasi.....                                      | 40   |
| 3.4.2 Proses dan Tipe – Tipe Alterasi.....                        | 44   |
| 3.4.3 Alterasi Epitermal.....                                     | 48   |
| 3.5 Analisis Kinematika .....                                     | 59   |

|   |     |
|---|-----|
| 3.5.1 Parameter Analisis Kinematika.....                  | 59  |
| 3.5.2 Proyeksi Stereografis Untuk Analisa Kinematika..... | 60  |
| <b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                 | 68  |
| 4.1 Tahapan Penelitian .....                              | 68  |
| 4.1.1 Tahapan Pendahuluan.....                            | 68  |
| 4.1.2 Tahapan Pengambilan Data .....                      | 69  |
| 4.1.3 Tahapan Analisa Data.....                           | 74  |
| 4.1.4 Tahapan Pembuatan Laporan .....                     | 75  |
| 4.2 Alat dan Bahan.....                                   | 75  |
| 4.2.1 Alat .....  | 75  |
| 4.2.2 Bahan .....   | 76  |
| 4.3 Jadwal Penelitian.....                                | 76  |
| <b>BAB V PENGOLAHAN DAN PEMBAHASAN</b> .....              | 77  |
| 5.1 Alterasi.....   | 77  |
| 5.2 <i>Rock Mass Rating</i> ( RMR ).....                  | 81  |
| 5.3 <i>Geological Stregth Index</i> ( GSI ).....          | 86  |
| 5.4 <i>Slope Mass Rating</i> ( SMR ).....                 | 92  |
| 5.5 Zonasi Kerawanan Longsor.....                         | 97  |
| 5.6 Analisis Kinematika.....                              | 103 |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....                  | 116 |
| 6.1 Kesimpulan.....                                       | 116 |
| 6.2 Saran.....  | 117 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                       | 118 |
| LAMPIRAN .....  | 121 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 3.1 Klasifikasi Kekuatan Intact Rock ( Bienawski, 1979 ) .....  | 25 |
| Tabel 3.2 Estimasi Kekuatan Intact Rock Secara Praktis ( Marinos, 1998 ).....   | 26 |
| Tabel 3.3 Rock Quality Designation ( Bienawski, 1979 ).....   | 27 |
| Tabel 3.4 Klasifikasi Spacing Diskontinuitas Batuan ( Bienawski, 1979 ).....  | 27 |
| Tabel 3.5 Klasifikasi Kondisi Diskontinuitas Batuan ( Bienawski, 1979 ).....  | 28 |
| Tabel 3.6 Panduan Klasifikasi Kondisi Diskontinuitas ( Bienawski, 1979 ) .....  | 29 |
| Tabel 3.7 Kondisi Air Tanah ( Bienawski, 1979 ).....  | 30 |
| Tabel 3.8 Tabel Penilaian Untuk Orientasi Diskontinuitas ( Bienawski, 1979 ).....   | 31 |
| Tabel 3.9 Kelas Massa Batuan, Kohesi, dan Sudut Geser Dalam dari nilai RMR..  | 31 |
| Tabel 3.10 Nilai Konstanta Mi Untuk Kekuatan Batuan ( Hoek, 2006 ) .....  | 33 |
| Tabel 3.11 Nilai D ( Disturbance Factor ) Tiap Jenis Batuan ( Hoek, 2012 ) .....  | 34 |
| Tabel 3.12 Parameter Pemberian Nilai F1, F2, dan F3 Untuk SMR ( Dimodifikasi<br>Anblagan et al. ( 1992 ) Dalam Romana ( 1985 ).....       | 38 |
| Tabel 3.13 Pemberian Nilai Pada Parameter F4 Untuk SMR ( Romana, 1985 ) ...   | 39 |
| Tabel 3.14 Hasil Nilai Kestabilan Lereng Berdasarkan Klasifikasi SMR ( Romana,<br>1985 ).....   | 39 |
| Tabel 3.15 Langkah Pertolongan Untuk Tiap Kelas Klasifikasi SMR ( Singh dan<br>Goel, 2011 ) .....   | 40 |
| Tabel 3.16 Tingkat Intensitas Alterasi Pada Batuan ( Morrison, 1996 .....   | 41 |
| Tabel 3.17 Klasifikasi Jenis Alterasi Jenis Aluminosilikat Pada Batuan Vulkanik,<br>Sedimen, dan Metamorf ( Meyer dan Hemley, 1967 )..... | 46 |
| Tabel 4.1 Material Properties Area Penelitian.....  | 74 |
| Tabel 4.2 Jadwal Penelitian .....   | 76 |
| Tabel 5.1 Rentang Nilai SMR, RMR, GSI Beserta Tipe Alterasi Tiap Segmen ....  | 98 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1  | Diagram alir penelitian .....  | 6  |
| Gambar 2.1  | Peta Geologi Regional Pada Daerah Bakan (Hardjana, 2012 ) .....  | 8  |
| Gambar 2.2  | Peta Tektonik Pulau Sulawesi (Wilson dan Moss, 1999 Hardjana, 2012).....   | 9  |
| Gambar 2.3  | Kolom Stratirafi Lokasi Penelitian ( ABM, 2007 Hardjana, 2012 )...11   |    |
| Gambar 2.4  | Geologi Bakan Dengan Lokasi Titik Bor ( Hardjana, 2012 ).....  | 12 |
| Gambar 2.5  | Wilayah Administrasi Penelitian .....  | 14 |
| Gambar 2.6  | Peta Topografi Area Penelitian.....  | 15 |
| Gambar 2.7  | Lokasi Penelitian .....  | 16 |
| Gambar 2.8  | Peta Kesampaian Daerah .....   | 17 |
| Gambar 3.1  | Prinsip Kestabilan Lereng.....   | 20 |
| Gambar 3.2  | Geometri Lereng Pada Area Tambang Terbuka ( Hoek dan Bray, 1981 ) Dalam Wyllie dan Mah, 2004 .....   | 22 |
| Gambar 3.3  | Klasifikasi GSI Dalam Pengamatan Secara Visual di Lapangan ( Hoek Dan Marinos, 2000 ).....   | 35 |
| Gambar 3.4  | Hubungan Antara GSI, $M_i$ , $\phi$ , $c/\sigma_{ci}$ (Hoek et al, 1998) .....   | 35 |
| Gambar 3.5  | Hubungan Antara GSI, $\sigma_{ci}$ dan E (Hoek et al, 1998).....   | 36 |
| Gambar 3.7  | Proses Infiltrasi Air Magmatik Yang Bercampur Dengan Air Meteorik Pada Sistem Sulfidasi Tinggi ( White, 1991; Rye, 1993; Hedenquist et al, 2000a ) .....   | 50 |
| Gambar 3.8  | Zona Alterasi Pada Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi Yang Ditunjukkan Dari Sayatan Melintang Ore Body Endapan Tersebut ( Stoffregen, 1987; Steven and Ratte 1960 dalam Hedenquist et al., 2000 )..... | 51 |
| Gambar 3.9  | Penampang Melintang Endapan Cu-Au-Ag Epitermal Sulfidasi Tinggi di Lepanto, Filipina ( Garcia, 1991. Dalam Arribas, 1995 ).....  | 52 |
| Gambar 3.10 | Zona Alterasi Argilik Lanjut ( Sayatan Melintang ) Yang Terbentuk Akibat Naiknya Uap Magmatik Melalui Struktur Yang Berkembang ( Hedenquist & Taran, 2013 ).....                                       | 56 |
| Gambar 3.11 | Ilustrasi Proses Pembentukan Fluida Asam Hipogen Pada Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi ( Schoen Dkk, 1974; Giggenbach, 1992a; Sillitoe, 1993a, dalam Hedenquist Dkk, 2000 .....                      | 57 |
| Gambar 3.12 | Peta Mineralisasi Pit <i>North</i> Osela Kuarter Pertama .....   | 58 |
| Gambar 3.13 | Kenampakan Kinematik Bidang Yang Menunjukkan Arah Dip dan Dip Direction ( Wyllie dan Mah, 2004 ) .....   | 59 |
| Gambar 3.14 | Orientasi Lereng ( Kliche, 2009 ).....   | 60 |
| Gambar 3.15 | Proyeksi Equal Dari Bidang dan Garis; a) Bidang Diproyeksikan Sebagai Garis Lengkung dan Kutub Korespondensi, b) Garis Di proyeksikan Sebagai Kutub ( Wyllie dan Mah, 2004 ) .....                     | 61 |
| Gambar 3.17 | Contoh Pengeplotan Data Diskontinuitas Berupa Kutub Polar Net. Plot Kutub Orientasi Bidang 50/130. ( Wyllie dan Mah, 2004 ) .....  | 62 |
| Gambar 3.18 | Klasbeek Net ( Wyllie dan Mah, 2004 ).....   | 63 |
| Gambar 3.19 | Contoh Kontu Kerapatan Kutub Disontinuitas Dengan Garis Lengkung Berkorespondensi Dengan Orientasi Rata – Rata Bidang Perlapisan, Dua Set Kejar Orthogonal dan Garis Perpotongan Antar Bidang          |    |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
|             | ( Wyllie dan Mah, 2004.....   | 64  |
| Gambar 3.20 | Proyeksi Bidang Menjadi Garis Lengkung Pada Schmidt Net ( Wyllie dan Mah, 2004 .....  | 65  |
| Gambar 3.21 | Analisis Kinematika Potensi Longsor <i>Wedge</i> ( Wyllie dan Mah, 2004 ).....  | 66  |
| Gambar 3.22 | Analisis Kinematika Potensi Longsor <i>Planar</i> ( Wyllie dan Mah, 2004 ).....   | 66  |
| Gambar 3.23 | Tipe Longsor Berdasarkan Orientasi Struktur Geologi Pada Lereng Yang Diplot Stereonet. a) Longsor Bidang, b) Longsor Baji, c) Longsor Guling, d) Longsor Busur. ( Wyllie dan Mah, 2004 )...67 |     |
| Gambar 4.1  | Pemetaan Segmen Menggunakan Metode Windows Mapping ( Wyllie dan Mah, 2004 .....   | 69  |
| Gambar 4.2  | Kenampakan Diskontinuitas di Lapangan .....   | 71  |
| Gambar 4.3  | Contoh Borang Pengambilan Data RMR dan GSI Segmen 735 R-S. 72   |     |
| Gambar 4.4  | Contoh Borang Pengukuran Data Diskontinuitas Segmen OSN 735 RS - ST .....   | 73  |
| Gambar 4.5  | Jadwal Penelitian .....   | 76  |
| Gambar 5.1  | Persentase Alterasi – Alterasi di Penelitian .....  | 77  |
| Gambar 5.2  | Peta Zonasi Alterasi Area Penelitian .....  | 78  |
| Gambar 5.3  | Kenampakan Alterasi di Lapangan.....  | 79  |
| Gambar 5.4  | Kenampakan Alterasi Argilik Lanjut di Lapangan Dengan Dicitrakan Kehadiran Mineral Alunit Berwarna Merah Kekuning - Kekuningan Serta Adanya Tekstur Vuggy .....                               | 80  |
| Gambar 5.5  | Kenampakan Alterasi Silisik Dengan Kehadiran Mineral Silika Berupa Kuarsa Dan Ditemukan Adanya Tekstur Vuggy .....  | 81  |
| Gambar 5.6  | Persentase Persebaran Kelas RMR di Area Penelitian .....  | 82  |
| Gambar 5.7  | Peta Zonasi RMR Area Penelitian .....   | 83  |
| Gambar 5.8  | Persentase Persebaran Kelas RMR Berdasarkan Alterasi di Area Penelitian ( Kuning = Argilik, Coklat = Argilik Lanjut, Merah = Silisik ).....   | 84  |
| Gambar 5.9  | Persentase Persebaran Kelas GSI di Area Penelitian .....  | 87  |
| Gambar 5.11 | Peta Zonasi Kelas GSI di Area Penelitian .....  | 89  |
| Gambar 5.12 | Persebaran Nilai GSI Tiap Alterasi. ( Merah= Silisik, Oranye= Argilik Lanjut, Kuning= Argilik ).....  | 90  |
| Gambar 5.13 | Persentase Persebaran Kelas SMR di Area Penelitian .....  | 93  |
| Gambar 5.14 | Peta Persebaran Nilai SMR Berdasarkan Alterasinya di Area Penelitian .....  | 94  |
| Gambar 5.15 | Peta Zonasi SMR di Area Penelitian .....  | 95  |
| Gambar 5.16 | Peta Zonasi Kerawanan Longsor .....   | 102 |
| Gambar 5.17 | Pick Nilai GSI Segmen OSN 735 DE – EF.....  | 103 |
| Gambar 5.18 | Pick Nilai Sigci Segmen OSN 735 DE – EF .....   | 104 |
| Gambar 5.19 | Pick Nilai Mi Segmen OSN 735 DF – EF.....   | 105 |
| Gambar 5.20 | Pick Nilai D ( Disturbance Factor ) Pada Area Penelitian.....   | 105 |
| Gambar 5.21 | Kurva Analisis Rock Strength Menggunakan Software Roclab.....   | 106 |
| Gambar 5.22 | Histogram <i>Dip Direction</i> Diskontinuitas Secara Keseluruhan.....   | 107 |
| Gambar 5.23 | Histogram <i>Dip</i> Diskontinuitas Secara Keseluruhan .....  | 108 |
| Gambar 5.24 | Diagram Rosette Diskontinuitas Secara Keseluruhan .....   | 107 |
| Gambar 5.25 | Potensi Longsor Baji ( <i>wedge</i> ) Pada Segmen OSN 735 R – S ...   | 109 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 5.26 Potensi Longsoran Bidang ( Planar ) Pada Segmen OSN 735<br>S – T .....           | 110 |
| Gambar 5.27 Potensi Longsoran Guling ( Toppling ) Pada Segmen OSN 735<br>AAA - AAB.....      | 111 |
| Gambar 5.28 Grafik Potensi Longsoran .....   | 112 |
| Gambar 5.29 Grafik Potensi Tipe Longsoran.....   | 112 |
| Gambar 5.30 Grafik Hubungan Tipe Alterasi Dengan Potensi Longsor di Area<br>Penelitian ..... | 113 |
| Gambar 5.31 Peta Zonasi Potensi Longsoran.....   | 115 |

## DAFTAR LAMPIRAN

- A. Data Hasil Pemetaan *Windows*.
- B. Data Tipe Longsoran Analisis Kinematika.
- C. Peta Alterasi Pit Osela Utara.
- D. Peta Litologi Pit Osela Utara.
- E. Surat keterangan PT J Resources Bolaang Mongondow.