



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH STRUKTUR KEKAR
TERHADAP KESTABILAN LERENG DINDING
BAGIAN BARAT DAYA DAN TIMUR LAUT
PADA DESAIN FASE 6 TAMBANG TERBUKA BATU HIJAU
PT NEWMONT NUSA TENGGARA**

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**YUNITA SUSTRIANI
L2L008060**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK**

**SEMARANG
2012**

PENGARUH STRUKTUR KEKAR TERHADAP KESTABILAN LERENG DINDING BAGIAN BARAT DAYA DAN TIMUR LAUT PADA DESAIN FASE 6 TAMBANG TERBUKA BATU HIJAU PT NEWMONT NUSA TENGGARA

Oleh : Yunita Sustriani
silalahi.yunita@gmail.com

One of the safety factors that are important in mining (open pit mining) is a potential landslide on the slopes of the mine wall. Landslides caused by two factors, namely external and internal factors. External factors such as mining itself is blasting, excavation, loading and material transport. While internal factors, namely the existence of geological structures or areas of discontinuity in the form of joint, faults, folds, veins, the condition of the rock mass, and slope hydrology. Due to the geological structure is one of the important factors controlling the stability of the slope, then at The studies will be discussed on the influence of geological structures is mainly joint structure.

To determine the influence of joint structure on slope stability conditions used two methods of analysis methods of kinematic and limit equilibrium analysis methods. In the kinematic analysis software used to analyze data Dips general direction joint, shear joint zones, veins, face slopes and friction angle. The second method is the method of limit equilibrium analysis with the help of Slide ver 5.0 software using the data in the form of rock strength and the cohesion and friction angle in the studied slope geometry.

From the analysis in that the slope can be part of Southwest wedge avalanches are possible, several non-daylighting failure avalanches both wedge and fields on the Northeastern slope. From the analysis of equilibrium analysis on the inner walls Southwest FK impaired, when there is a joint structure FK 1,376 before getting joint structure FK value 1,417. And on the slopes of the Northeast, FK values before exposure to joint structure is 1,432 and after exposure dropped to 1,177 joint structure which means the slopes in landslides condition. Joint structures that directly affect the stability of a slope is stocky with criteria and slope direction parallel to the face of the slope, the closer the distance stout slopes face, the amount of joint, stocky and thick. From the analysis on the Northeast slope, slope in a critical condition that $FK < 1,2$. It needs to be done to minimize the angle of slope face.

Keywords: Slope Stability, Joint, Kinematic Analysis, Limit Equilibrium Analysis, Safety Factor (FK), Decline in value of Safety Factor

I. PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan merupakan suatu kegiatan menggali dan mengambil barang tambang logam ataupun non logam dari dalam bumi yang memiliki nilai jual. Di Indonesia, sektor pertambangan sedang berkembang pesat. Seiring berkembang pesatnya sektor pertambangan di Indonesia tersebut, maka banyak aspek yang harus diperhatikan dalam melakukan kegiatan penambangan, salah satunya aspek keamanan. Keamanan dalam dunia pertambangan terdiri dari faktor keamanan internal (alam) dan eksternal. Dalam penelitian ini akan dikaji salah satu faktor alam yang berdampak pada kondisi keamanan, yaitu longsor (*failure*) pada lokasi tambang terbuka Batu Hijau PT Newmont Nusa Tenggara (PT NNT).

PT Newmont Nusa Tenggara merupakan salah satu perusahaan tambang logam terbesar di Indonesia. Lokasi tambang PT NNT adalah Batu Hijau yang merupakan jenis tambang terbuka (*open pit mining*). Pada tambang terbuka, kondisi lereng yang stabil akan menjamin kemenerusan kegiatan penambangan. Apabila terjadi longsor dapat menyebabkan kerugian, baik kerugian moral yang menyangkut nyawa manusia dan materil berupa properti perusahaan.

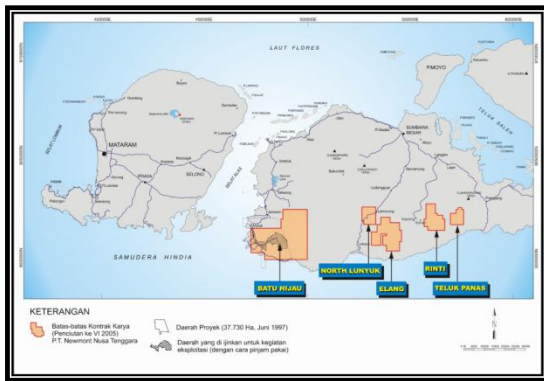
Longsor disebabkan oleh dua faktor, yakni faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal

berupa kegiatan penambangan itu sendiri yaitu peledakan (*blasting*), pengerukan (*excavation*), pemuatan (*loading*) dan pengangkutan material. Sedangkan faktor internal yaitu adanya struktur geologi atau bidang diskontinuitas berupa kekar (*joint*), sesar (*fault*), lipatan (*fold*), urat (*vein*); kondisi massa batuan; dan kondisi air bawah permukaan serta curah hujan ikut andil dalam penentuan kestabilan lereng.

Karena struktur geologi merupakan salah satu faktor penting dalam analisis kestabilan lereng, maka sebagai aplikasi dari geoteknik dibidang rekayasa geologi di pertambangan, dilakukan penelitian mengenai pengaruh struktur-struktur geologi tersebut terhadap kestabilan lereng dinding tambang. Namun pada penelitian ini dibatasi hanya pada pengaruh struktur geologi berupa kekar, tanpa memperhatikan faktor lain yang mempengaruhi kestabilan suatu lereng. Hal tersebut bertujuan agar mengetahui seberapa besar pengaruh struktur kekar terhadap kestabilan lereng.

Lokasi Penelitian

Daerah tempat pelaksanaan penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Maluku, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis daerah penelitian terletak antara 116o52'21'' BT dan 08o57'55'' LS



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber : PT Newmont Nusa Tenggara)

II. TINJAUAN PUSTAKA

Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia. Arief (2007) membagi lereng menurut proses terbentuknya menjadi 2 yaitu lereng alami dan lereng buatan.

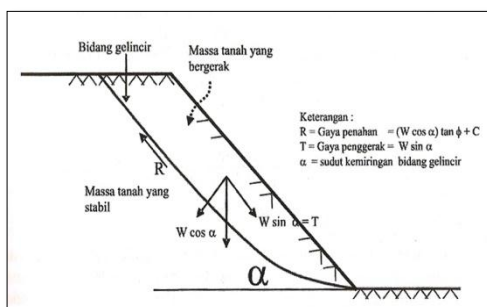
Gerakan Massa Tanah

Gerakan tanah secara umum dikenal dengan tanah longsor. Dampak yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah/longsor sangat merugikan secara teknis dan ekonomis, sehingga perlu pemahaman tentang proses-proses penyebabnya serta cara-cara menanggulangnya.

Definisi gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula yang mencakup gerak rayapan, aliran dan longsor akibat dari terganggunya kestabilan tanah (Zakaria, 2009).

Kestabilan Lereng

Pada suatu tempat yang terdapat dua permukaan tanah dengan ketinggian berbeda, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong (*driving forces*) sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Selain itu, terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan atau melawan (*resisting forces*), sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil.



Gambar 2. Gaya-gaya yang mengontrol kestabilan suatu lereng (Karnawati, 2005)

Berdasarkan interaksi antara kedua momen gaya tersebut, kestabilan suatu lereng dapat diperhitungkan dengan cara membandingkan antara gaya yang menahan dan gaya yang melongsorkan atau meluncurkan (Bowles, 1991). Perbandingan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan Gerakan}}{\text{Gaya Penggerak (Peluncur)}}$$

Dalam prakteknya, analisis kestabilan lereng umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas atau *limit plastic equilibrium* (Wesley, 1977). Tujuan dari analisis kestabilan lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial.

Nilai faktor keamanan akan mengekspresikan tingkat kestabilan suatu lereng. Lereng akan stabil jika gaya yang menahan gerakan lebih besar daripada gaya yang melongsorkan ($FK > 1$).

Kondisi kritis atau batas kestabilan lereng, terjadi jika gaya yang menahan gerakan sama kuatnya atau seimbang dengan gaya yang melongsorkan ($FK = 1$). Lereng tersebut akan mulai bergerak atau tidak stabil jika gaya yang menahan terlampaui oleh gaya yang melongsorkan ($FK < 1$).

Namun, kondisi kritis atau batas kestabilan lereng pada setiap lereng berbeda. Antara lereng yang satu dengan lereng yang lainnya memiliki batas FK kritis yang berbeda, tergantung kondisi fisik dari tiap lerengnya. Pada Lokasi tambang Batu Hijau, harga FK lereng dikategorikan aman yaitu $>1,2$, sedangkan harga $FK < 1,2$ kondisi lereng tidak stabil/setimbang dan beresiko terjadi longsor.

Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

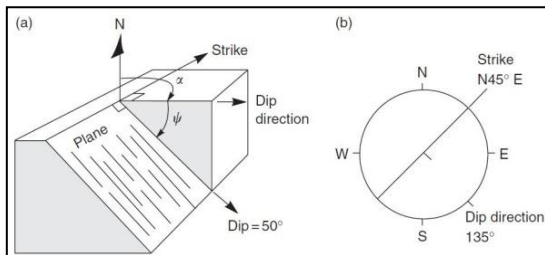
Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah :

- Geometri lereng
- Sifat fisik dan mekanik batuan
- Struktur geologi
- Kandungan air tanah
- Gaya luar

Struktur Geologi

Struktur geologi yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng antara lain sesar (*fault*), kekar (*joint*), lipatan (*fold*), rekahan (*crack*), dan bidang perlapisan (*bedding plane*). Struktur-struktur geologi tersebut selain lipatan selanjutnya dikenal sebagai bidang lemah. Untuk mengetahui karakteristik bidang lemah tersebut, perlu dilakukan pengukuran kemiringan (*dip*) serta arah (*dip direction*) dari bidang lemah tersebut. Adanya bidang lemah tersebut akan mengurangi kekuatan massa batuan dan dapat berfungsi sebagai jalur rembesan air yang dapat mengakibatkan terjadinya

rekahan tarik (*tensile crack*) pada massa batuan dimana hal tersebut dapat mengurangi nilai *safety factor* dari lereng.



Gambar 3. Dip dan Dip Direction bidang lemah (Hoek & Bray, 1981)

Klasifikasi Longsor

Longsor pada suatu lereng dapat terjadi dengan beberapa bentuk atau cara. Hal ini yang membuat analisa dari kemantapan lereng sangat penting menurut Hoek & Bray (1981). Secara umum, longsor pada tambang terbuka dibagi menjadi 4 (macam), yaitu longsor bidang (*plane failure*), longsor baji (*wedge failure*), longsor busur (*circular failure*), dan longsor guling (*toppling failure*).

Longsor bidang merupakan suatu longsor batuan yang terjadi disepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa rekahan, sesar maupun bidang pelapisan batuan.

Longsor baji terjadi bila terdapat dua bidang lemah atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng.

Longsor guling umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom.

Longsor busur umumnya terjadi pada material yang bersifat lepas (*loose material*) seperti material tanah. Sesuai dengan namanya, bidang longsorannya berbentuk busur.

III. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan mengambil data struktur kekar di lapangan (*line mapping*) yaitu bagian lereng dinding Barat Daya dan Timur Laut fase 6. Data tersebut kemudian diolah melalui dua metode analisis, yaitu metode kinematik dan metode kesetimbangan batas.

Metode kinematik yaitu analisis tentang pergerakan massa batuan dengan merekonstruksi pergerakan yang terjadi didalam batuan akibat proses deformasi, tanpa mempertimbangkan gaya-gaya yang menyebabkannya. Pertimbangan utama dalam analisis ini yaitu kemungkinan terjadinya keruntuhan. Metode ini hanya berdasarkan pada evaluasi detail mengenai struktur massa batuan dan geometri dari bidang-bidang lemah yang dapat memberikan kontribusi terhadap ketidakstabilan

lereng (Arief, 2007). Metode ini dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Dips.

Metode analisis kesetimbangan batas adalah metode analisis kestabilan lereng dengan menggunakan model numerik. Dalam metode ini akan didapatkan nilai faktor keamanan (FK) atau nilai kestabilan suatu lereng. Dalam analisis metode kesetimbangan batas digunakan perangkat lunak Rocscience Slide ver 5.0.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian, yaitu dinding bagian Barat Daya dan Timur Laut secara umum tersusun atas batuan Vulkanik dan Diorit, yang merupakan beberapa batuan penyusun Batu Hijau selain dari intermediet tonalit (*intermediate tonalite*) dan tonalit muda (*young tonalite*).

Pada lereng dinding Barat Daya yang dilakukan pemetaan struktur kekar (*line mapping*), tersusun atas batuan Vulkanik. Batuan Vulkanik pada pit Batu Hijau terdiri dari beberapa jenis, yaitu batuan Vulkanik berbutir halus (*volcanic fine grain*), batuan Vulkanik tuff lapili dan batuan Vulkanik tuff litik (*volcanic lithic tuff*). Perbedaan nama batuan tersebut didasarkan atas kelimpahan masa dasar dan fenokris serta fragmennya. Namun untuk keperluan *monitoring* dalam kegiatan produksi agar lebih mudah, maka batuan-batuan Vulkanik di Batu Hijau tersebut dikelompokkan menjadi satu satuan yaitu satuan batuan Vulkanik.

Batuan Vulkanik di Batu Hijau secara megaskopis berstruktur pejal. Warna batuan hijau terang sampai hijau gelap, pemilahan butir buruk - baik, kemas tertutup, ukuran butir 0,2 mm – 1 mm, bentuk butir menyudut tanggung – membulat tanggung, tersusun atas massa dasar material vulkanik dan fenokris berupa kuarsa berukuran halus – medium. Fragmen litik tersusun atas andesitik dan material piroklastik seperti pumis, berbentuk menyudut tanggung – membulat tanggung dengan ukuran fragmen 1 cm – 3 cm.

Kondisi batuan penyusun lereng dinding Barat Daya terlihat segar, dengan tingkat pelapukan yang rendah (5% - 10%). Terlihat dari kondisi lereng yang batuanannya utuh, tidak hancur. Batuan pada lereng mengalami oksidasi akibat kontak dengan udara dan juga air.



Gambar 4. Kondisi Batuan Vulkanik penyusun lereng dinding Barat Daya

Lereng dinding Barat Daya terdapat beberapa titik lubang bor, yaitu SBD SBD 591 dan SBD 604. Dilihat dari *core* hasil pemboran batuan vulkanik pada daerah ini memiliki tingkat pelapukan yang rendah, terlihat dari kekerasan batuan yang rata-rata memiliki nilai kekuatan R4.

Lereng dinding Timur laut fase 6 terdiri dari batuan vulkanik. Batuan Vulkanik pada lereng dinding Timur Laut sama dengan batuan Vulkanik pada lereng dinding Barat Daya, namun kondisinya tidak sama segar. Pada lereng dinding Timur Laut, kondisi batuan Vulkanik mengalami pelapukan lebih intensif (20% - 30%), terlihat dari kondisi lereng dinding yang batuanannya hancur oleh karena terkena gaya oleh struktur yang bekerja lebih intensif di daerah lereng dinding Timur Laut.



Gambar 5. Kondisi batuan Vulkanik penyusun lereng dinding Timur Laut

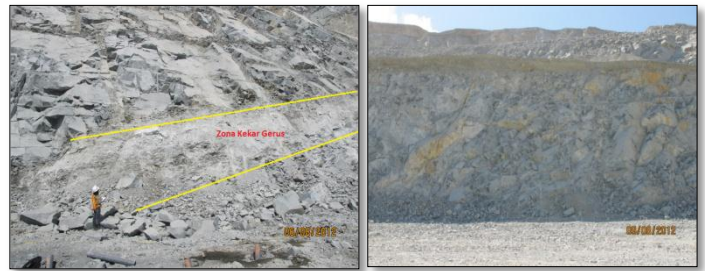
Dari hasil pengamatan core SBD 585 dan SBD 612 pada daerah Timur Laut dapat dilihat kondisi batuan mengalami tekanan dengan gaya yang besar, terlihat dari banyak sekali kekar yang memotong batuan yang dapat mengurangi kekuatan batuan sehingga mudah mengalami pelapukan. Kekerasan batuan pada lereng dinding Timur Laut berdasarkan hasil log bor geoteknik sekitar R1 – R4 (*very weak rock – strong rock*). Kekuatan batuan yang demikian dapat mengurangi kekuatan geser dari batuan sehingga menimbulkan adanya potensi longsor karena kondisi dinding yang kurang stabil akibat material yang tidak kuat.

Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi pada daerah penelitian pada umumnya dipengaruhi oleh busur magmatik Sunda – Banda. Sehingga struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa retakan-retakan yang berarah Barat laut – Tenggara dan Timur Laut - Barat Daya.

Dari arah umum retakan tersebut terdapat beberapa retakan yang dimensinya cukup besar di sekitar sumur tambang (*pit*) yang selanjutnya diberi nama untuk setiap retakan tersebut. Retakan tersebut merupakan kekar gerus yang jaraknya sangat rapat atau disebut sebagai zona kekar gerus (*shear joint zone*) yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan batuan yang dilalui kekar

gerus tersebut hingga terbentuk *gouge* berukuran lempung.



Gambar 6. Kenampakan Kekar pada lokasi Penelitian

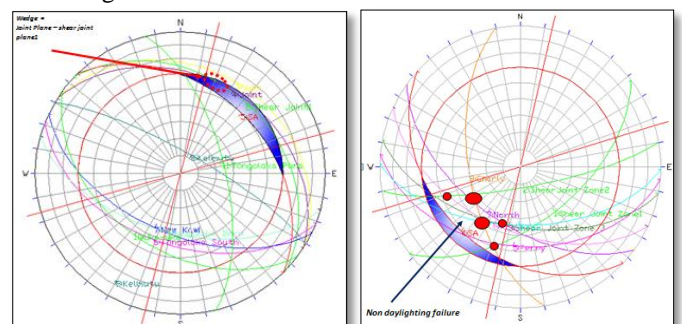
Analisis Kinematik

Data yang digunakan dalam analisis kinematik adalah data pemetaan struktur kekar dan data log bor geotek. Dari kedua data tersebut, yang dipergunakan adalah nilai arah dan kemiringan (*dip/dip direction*) dari hasil pengukuran baik pemetaan struktur kekar maupun log bor geoteknik.

Untuk lereng dinding bagian Barat Daya (Southwest) digunakan data pemetaan dari titik YS 6 – YS 10, dan beberapa titik pemetaan lain di sekitar lereng dinding fase 6 dan juga dua data log bor dari SBD 591 dan SBD 604. Dan lereng dinding bagian Timur Laut (*Northeast*) digunakan data pemetaan dari titik GT2 – GT7, YS18- YS21, JD0 – JD3, dan beberapa pemetaan lain disekitar lereng dinding fase 6 dan juga dua data log bor yaitu SBD 585 dan SBD 612.

Data geometri lereng yang digunakan dalam analisis kinematik didapat dari domain geoteknik yang berisi pembagian domain berdasarkan sifat fisik dan mekanik batuan dan juga desain geometri lerengnya.

Berdasarkan hasil pengolahan Dips dengan komposisi kemiringan dan arah lereng (*Slope Aspect*) $40^{\circ}/045^{\circ}$ dan sudut geser dalam 30° , lereng dinding bagian Barat Daya ini berpotensi terjadi longsor baji yang dihasilkan oleh perpotongan bidang struktur yaitu bidang kekar (*joint plane*) dan zona kekar gerus (*shear joint zone*) yang berarah *trend* 022° dan *plunge* 33° . Potensi longsor tersebut dapat dilihat dari adanya perpotongan bidang kekar yang masuk pada area kritis longsor.



Gambar 6. Hasil Analisis Kinematik Lereng Barat Daya (kiri) dan Lereng Timur Laut (kanan)

Sedangkan pada lereng dinding bagian Timur Laut (*Northeast*) diterapkan nilai kemiringan dan arah lereng dinding dan IRA Domain1. Didapat nilai kemiringan dan arah lereng $38^{\circ}/223^{\circ}$ dan sudut geser dalam 30° . Hasil pengolahan Dips didapat daerah Timur Laut berpotensi terjadi longsoron baji (*wedge*), yang semuanya merupakan *non-daylighting failure* yang berada dalam ruang lingkup $\pm 30^{\circ}$ dari daerah longsoron. Dan juga potensi longsoron bidang (*plane failure*) oleh Kekar North.

Tabel 1. Daftar Potensi Longsoron Baji Dari Perpotongan Bidang Kekar

| No | Perpotongan Bidang Struktur | Arah Longsoron (<i>trend/Plunge</i>) |
|----|-------------------------------------|---|
| 1 | North plane - shear joint plane 1 | 242°/54° |
| 2 | Charly plane - North plane | 230°/56° |
| 3 | Charly plane - shear joint plane 2 | 240°/58° |
| 4 | Roni plane - shear joint plane 2 | 247°/44° |
| 5 | Fault plane 2 - shear joint plane 3 | 251°/36° |
| 6 | Charly plane - Yuli plane | 215°/50° |
| 7 | Charly plane - shear joint plane 3 | 217°/52° |
| 8 | Roni plane - shear joint plane 3 | 215°/52° |
| 9 | Roni plane - Yuli plane | 207°/52° |
| 10 | North plane - Yuli plane | 195°/55° |
| 11 | shear joint plane 3 - Yuli plane | 197°/54° |
| 12 | North plane - shear joint plane 3 | 195°/56° |

Analisis Kesetimbangan Batas

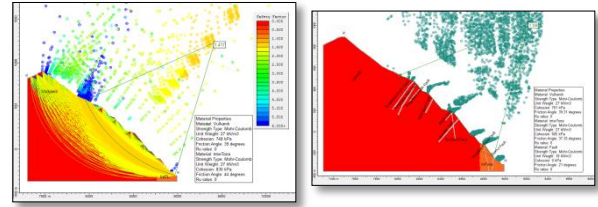
Data-data yang diperlukan dalam analisis kesetimbangan batas (limit ekuilibrium) adalah nilai properti batuan, seperti kohesi, sudut geser dalam, dan densitas. Selain sifat fisik dan mekanik batuan juga di butuhkan model sayatan dari geometri lereng dinding pit.

Tabel 2. Nilai Kekuatan Batuan Hasil Uji Laboratorium

| LITHOLOGY | COHESION (kPa) | FRICTION ANGLE |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| Volcanic01 | 498 | 31.99 |
| Diorite01 | 529 | 34.85 |
| Volcanic05 | 761 | 39.31 |
| Int. Tonalite05 | 605 | 37.35 |

Sumber : PSMP 2010, Departemen Geoteknik dan Hidrogeologi PT NNT

Pada dinding bagian Barat Daya, struktur kekar tidak berperan sangat besar dalam penurunan nilai kestabilan. Pada saat dinding tanpa struktur kekar, nilai FK 1,417 masuk dalam kategori sangat aman. Pada saat lereng dinding terdapat struktur kekar berupa zona kekar dengan nama zona kekar gerus berupa Tongoloka Selatan, Tongoloka Beru, New Kawi, Nagin, Uka-Uka, dan Tambora, maka nilai kestabilan lereng dinding menjadi 1,376 yang masih termasuk aman. Terjadi penurunan nilai kestabilan 1,48% akibat adanya struktur geologi berupa zona kekar gerus dengan material lempung berupa *gouge*.

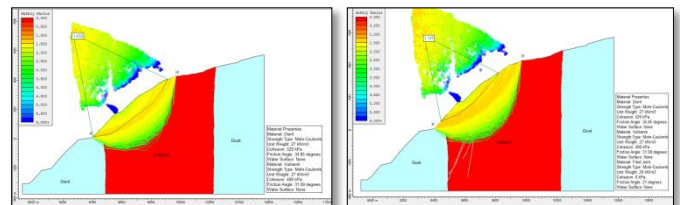


Gambar 7. Hasil analisis kesetimbangan batas lereng dinding Barat Daya

Meskipun pada lereng dinding ini terjadi zona kekar gerus yang cukup banyak, namun mengalami penurunan nilai kestabilan yang kecil. Hal tersebut dikarenakan struktur kekar yang terjadi pada lereng dinding ini dominan memiliki kemiringan ke arah dalam dinding, sehingga tidak berpengaruh secara langsung terhadap kondisi kestabilan lereng yang tidak menimbulkan potensi longsor. Hanya sedikit menurunkan tingkat kestabilannya.

Pada lereng dinding bagian Timur Laut, zona kekar gerus dengan material lempung berupa gouge berpengaruh sangat signifikan, terjadi penurunan nilai FK sangat drastis hingga nilai FK berada pada posisi kritis bahkan longsor. Nilai FK pada saat sebelum adanya struktur sebesar 1,432 masuk dalam kategori aman ($FK = 1,2 = \text{aman}$). Namun pada saat ada zona kekar gerus pada lereng dinding tersebut berupa Ferry, Roni, North, Yuli dan Charly, maka nilai FK lereng turun drastis menjadi 1,177 yang berarti terjadi longsor pada daerah ini. Struktur kekar memiliki kontrol besar pada dinding Timur Laut ini, yaitu menurunkan nilai kestabilan dinding sebesar 17.81%.

Dari hasil analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa struktur geologi berupa kekar terutama zona kekar gerus dengan material lempung berupa gouge berpengaruh langsung pada kestabilan lereng dinding tambang apabila struktur kekar tersebut memiliki arah kemiringan yang sejajar dengan geometri lereng dinding tambang.



Gambar 8. Hasil analisis kesetimbangan batas lereng dinding Timur Laut

Kriteria Struktur Kekar yang Mempengaruhi Nilai Kestabilan Lereng

Struktur kekar memiliki peran penting dalam kestabilan lereng, terutama pada lereng dinding sumur tambang terbuka. Adanya struktur geologi berupa kekar-kekar dapat mengurangi nilai kestabilan dari lereng dinding yang dilewatinya. Struktur geologi yang berupa kekar tarik, zona kekar gerus dengan material lempung berupa

gouge dan urat memegang kendali dinding terutama yang letaknya dekat dan berada pada *crest toe* lereng dinding tambang. Namun, tidak semua struktur kekar secara langsung mempengaruhi dan mengurangi nilai kestabilan suatu lereng dinding. Ada kriteria/karakteristik tertentu dari struktur kekar, yang dapat mengurangi nilai kestabilan suatu lereng.

Pada analisis menggunakan metode kesetimbangan batas sebelumnya, sayatan yang ideal untuk dijadikan sebagai parameter untuk mengenal karakteristik struktur kekar yang berpengaruh mengurangi nilai kestabilan lereng dinding adalah sayatan NE-NE' pada lereng dinding Northeast, namun analisis dibatasi pada kedalaman lereng dinding yang terdapat zona – zona kekar gerus dengan material lempung berupa *gouge*. Pada sayatan ini, daerah dilalui oleh 5 zona kekar gerus, yakni Kekar North, Kekar Roni, Kekar Charly, Kekar Yuli dan Kekar Ferry. Dari kelima kekar tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai karakteristik struktur kekar.

a. Arah kemiringan kekar (*dip/dip direction*)

Struktur kekar yang arah kemiringannya ke arah sumur atau sejajar dengan permukaan lereng dinding akan menghasilkan potensi longsor lebih besar dibanding dengan struktur kekar yang arah kemiringannya ke dalam lereng. Baik kekar-kekar minor dan mayor, zona kekar gerus dengan material lempung berupa *gouge* dan juga urat yang arah kemiringannya ke arah sumur memiliki andil dalam menentukan nilai kestabilan.

Tabel 3. Penurunan Nilai Kestabilan Lereng berdasarkan Arah Struktur Kekar

| SAYATAN | ARAH STRUKTUR KEKAR | FK tanpa Kekar | FK dengan Kekar | Penurunan Nilai FK |
|---------|--------------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| NE-NE' | Sejajar / Ke luar Lereng | 1,432 | 1,177 | 17,81% |
| SW-SW' | Ke dalam Lereng | 1,417 | 1,376 | 1,48% |

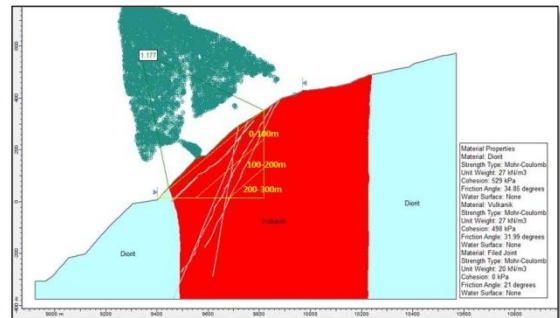
b. Letak / posisi struktur kekar

Struktur kekar yang berada jauh dari lereng dinding pengaruhnya akan lebih kecil dibanding dengan struktur yang berada dekat dengan lereng dinding. Dan juga, apabila ada beberapa struktur kekar yang mengenai suatu lereng, dan struktur kekar yang paling dekat dengan lereng menjadi bidang gelincir longsor, maka struktur kekar lain yang berada di belakang bidang gelincir yang jauh dari lereng akan berpengaruh sangat kecil, atau bahkan tidak mengurangi nilai kestabilan. Untuk menghitung penurunan nilai FK lereng berdasarkan posisi dari kekar, maka disimulasikan bahwa dimensi lereng memiliki ketinggian (*h*) 300m dan bidang gelincir $1/3 h$ atau sama dengan 100m dari

permukaan lereng. Maka letak jauh dekatnya kekar dapat diperkirakan.

Tabel 4. Penurunan Nilai Kestabilan Lereng berdasarkan Posisi Struktur Kekar

| Letak Struktur Kekar (*) | FK | * Untuk tinggi dinding 0-300 m dengan bidang longsor 0-100m Dekat dinding : 0m – 100m Jauh dari dinding : 100m – 200m |
|--------------------------|-------|---|
| Sangat Jauh dari dinding | 1,415 | |
| Jauh dari dinding | 1,426 | |
| Dekat dinding | 1,177 | |



Gambar 9. Posisi struktur kekar dari permukaan lereng

Dari hasil perhitungan nilai FK dinding berdasarkan posisi struktur kekar, dapat dilihat bahwa posisi struktur kekar tidak memberikan penurunan yang pasti terhadap nilai FK lereng, posisi yang sangat jauh (200m – 300m) memiliki nilai FK 1,415 sedangkan posisi struktur kekar yang jauh yaitu sekitar 100m – 200m memiliki nilai FK 1,426. Dengan demikian bukan hanya posisi struktur kekar yang mempengaruhi penurunan nilai kestabilan lereng, tetapi harus berkaitan dengan kriteria yang lainnya.

c. Jumlah struktur kekar

Semakin banyak struktur kekar terutama kekar gerus dengan jarak yang sangat rapat hingga membentuk zona hancuran (*shear joint zone*) yang menghasilkan material berukuran lempung berupa *gouge*, maka semakin besar kemungkinan penurunan nilai kestabilan lereng dinding. Hal ini berarti semakin besar gaya yang mengenai suatu lereng, maka semakin besar pula kemungkinan terjadi penurunan kestabilan lerengnya.

d. Tebal Ukuran Kekar

Tebal dari zona kekar gerus yang menghasilkan material hancuran berukuran lempung berupa *gouge* juga sangat berpengaruh. Semakin tebal ukuran dari zona kekar tersebut, maka semakin kecil nilai kestabilan suatu lereng. Hal tersebut juga berkaitan dengan material hancuran dari zona kekar tersebut, semakin buruk kualitas material pengisi, maka semakin kecil nilai

kestabilan lerengnya. Dalam hal ini, dilakukan percobaan perhitungan nilai FK dengan tebal zona kekar gerus dengan material lempung 3-5m dan 8-10m. Dari hasil perhitungan, lereng dengan tebal zona kekar gerus 3-5m FK 1,177 sedangkan lereng dengan tebal zona kekar gerus 8-10m nilai FK menjadi 1,051.

Tabel 5. Penurunan Nilai Kestabilan Lereng Berdasarkan Jumlah Struktur Kekar

| Jumlah Struktur | FK |
|-----------------|-------|
| 1 | 1,415 |
| 2 | 1,388 |
| 3 | 1,380 |
| 4 | 1,372 |
| 5 | 1,177 |

Harga/nilai tersebut bersifat relatif, tidak mutlak, tergantung kondisi struktur geologi yang berkembang. Setiap lereng akan memiliki nilai penurunan yang berbeda. Namun dari angka tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur geologi berupa kekar memiliki peran penting dalam kestabilan lereng dinding tambang. Apabila terdapat struktur geologi berupa kekar terutama kekar dengan jarak sangat rapat hingga membentuk zona hancuran, maka potensi penurunan nilai kestabilan dapat diperkirakan.

V. KESIMPULAN

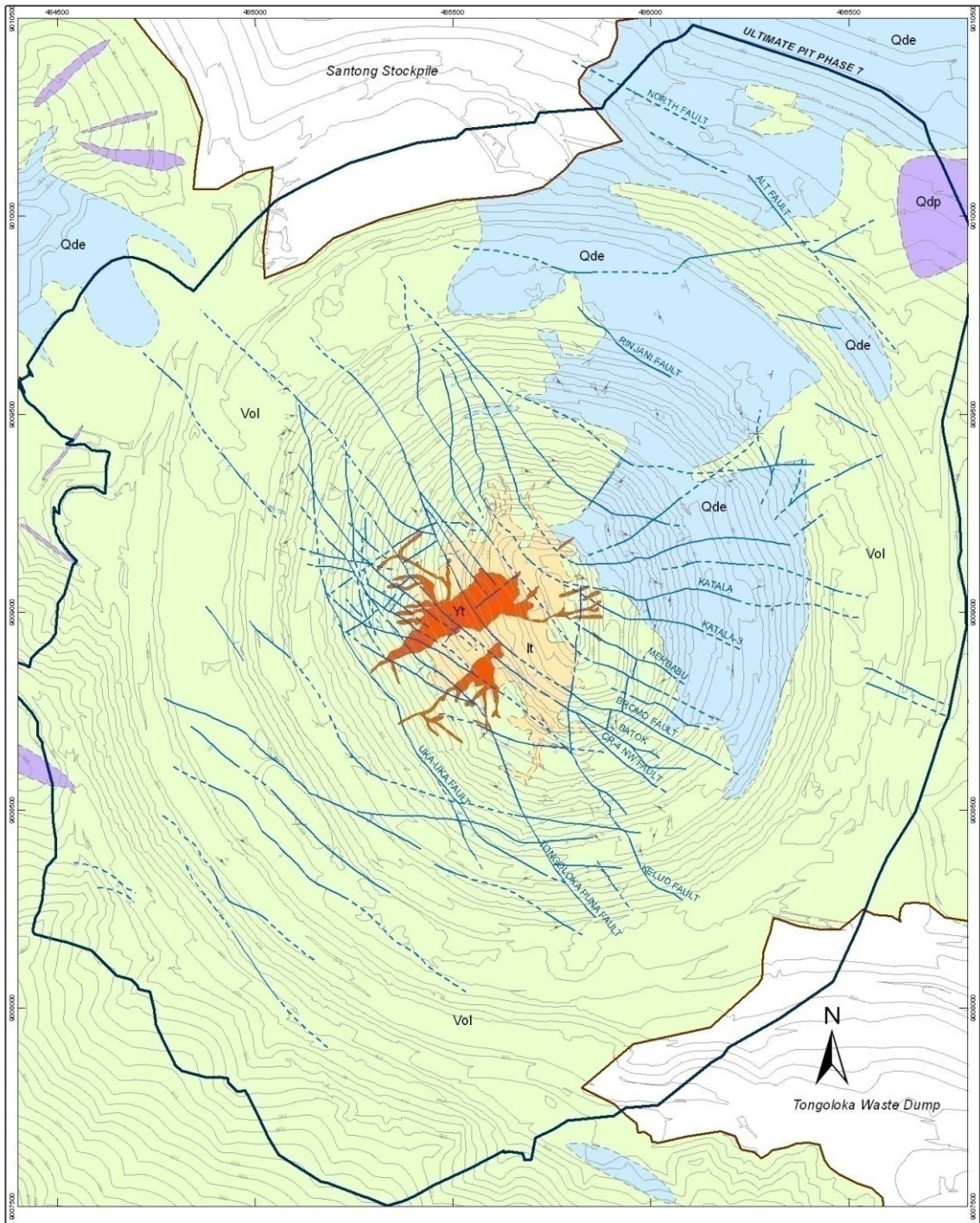
1. Pengaruh struktur kekar terhadap stabilitas lereng dinding bagian Barat Daya dan Timur laut pada desain fase 6 tambang Batu Hijau adalah :
 - a. Menentukan jenis longsoran yang terjadi, yaitu apabila bidang struktur kekar berarah sejajar dengan muka lereng maka akan berpotensi terjadi longsoran bidang (*planar failure*), sedangkan apabila bidang struktur kekar saling berpotongan maka berpotensi terjadi longsoran baji (*wedge failure*)
 - Pada lereng dinding Barat Daya terdapat potensi longsoran baji dengan arah longsoran $022^{\circ}/33^{\circ}$
 - Pada lereng dinding Timur Laut terdapat banyak potensi longsoran longsoran baji dan satu potensi longsoran bidang

- b. Menurunkan nilai kestabilan lereng.
 - Nilai FK pada lereng Barat Daya pada saat tidak terkena struktur kekar adalah 1,417, ketika terdapat kekar nilai FK menurun menjadi 1,376.
 - Nilai FK pada lereng Timur Laut pada saat tidak terkena struktur kekar adalah 1,432, ketika terdapat kekar nilai FK menurun menjadi 1,177 yang berarti kondisi lereng longsor.
2. Kriteria struktur kekar yang berpengaruh mengurangi nilai kestabilan lereng dinding adalah :
 - a. Arah kemiringan (*dip/dip direction*) struktur kekar
 - b. Letak dan jarak struktur kekar terhadap lereng
 - c. Tebal struktur kekar
 - d. Intensitas struktur kekar

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Arief, Saifuddin. 2007. *Dasar-dasar Analisis Kestabilan Lereng*. [online], (URL <http://www.geologi2000.com>, diakses 14 November 2012)
- Bowless, Joseph E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga
- Hoek, E. and Bray, J.W., *Rock Slope Engineering* 3rd Ed., The Institution Of Mining and Metallurgy London, 1981.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Karnawati, D. 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- Leech, Simon. 2008. *Batu Hijau PT Newmont Nusa Tenggara Overview*. Sumbawa Barat: PT. Newmont Nusa Tenggara.
- Priowasono, Eddy, 2002, *Structural Relationships and their Impact on Mining at the Batu Hijau Mine, Sumbawa, Indonesia*. PT Newmont Nusa Tenggara
- Rockscience, 2003. *Slide Tutorial Manual 1 – 3*. Rocscience Inc.
- Suharyadi, M.S. 2004. *Pengantar Geologi Teknik Edisi ke 4*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Zakaria, Zufaldi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng. Bandung*: FTG-Unpad

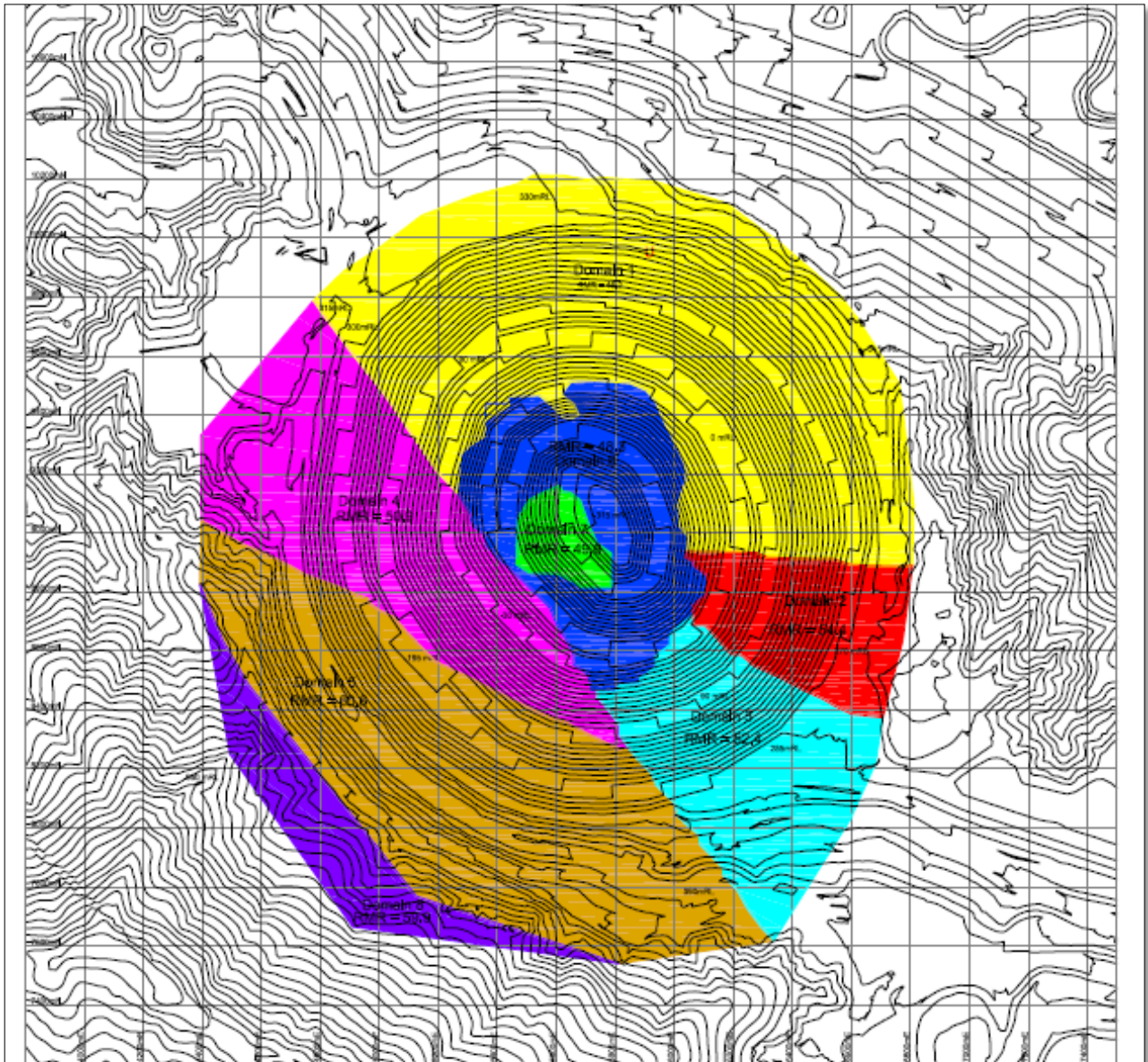
LAMPIRAN Peta Geologi Batu Hijau



| Legend | Explanation | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Yt Young Tonalite ■ It Intermediate Tonalite ■ Qde Equigranular Quartz Diorite ■ Qdp Porphyritic Quartz Diorite ■ Vol Volcanics — Lithology Measured Boundary - - - Lithology Inferred Boundary | <ul style="list-style-type: none"> — Fault - Measured - - - Fault - Inferred — Bedding - Dip direction - - - Join - Inclination — Lithology Contact — Contour - Interval 15m — Ultimate Pit Phase 7 Boundary — Stockpile and Waste Dump Boundary | <p>0 100 200 300 400 500</p> <p>Meters</p> <p></p> <p>N</p> |

| | | |
|--|---------------------|----------------------|
| PT. Newmont Nusa Tenggara | | |
| Batu Hijau Project | | |
| Geology Compilation 2012, 1st Quarter | | |
| Based on end of March 2012 Topography | | |
| Author : PT. NNT | Office : Batu Hijau | Revision : HP |
| Drawn : HP | Scale : 10,000 | Date : 27 April 2012 |
| <small>File Name : Q26_Geol_Batu_Hijau_A3_20121018.dwg Hier Name : 078_Batu_Hijau_Geol.dwg C:\Users\hp\OneDrive\Documents\PT. Newmont Nusa Tenggara\Batu Hijau\A3_20121018.dwg</small> | | |

Peta Domain Geotek Batu Hijau



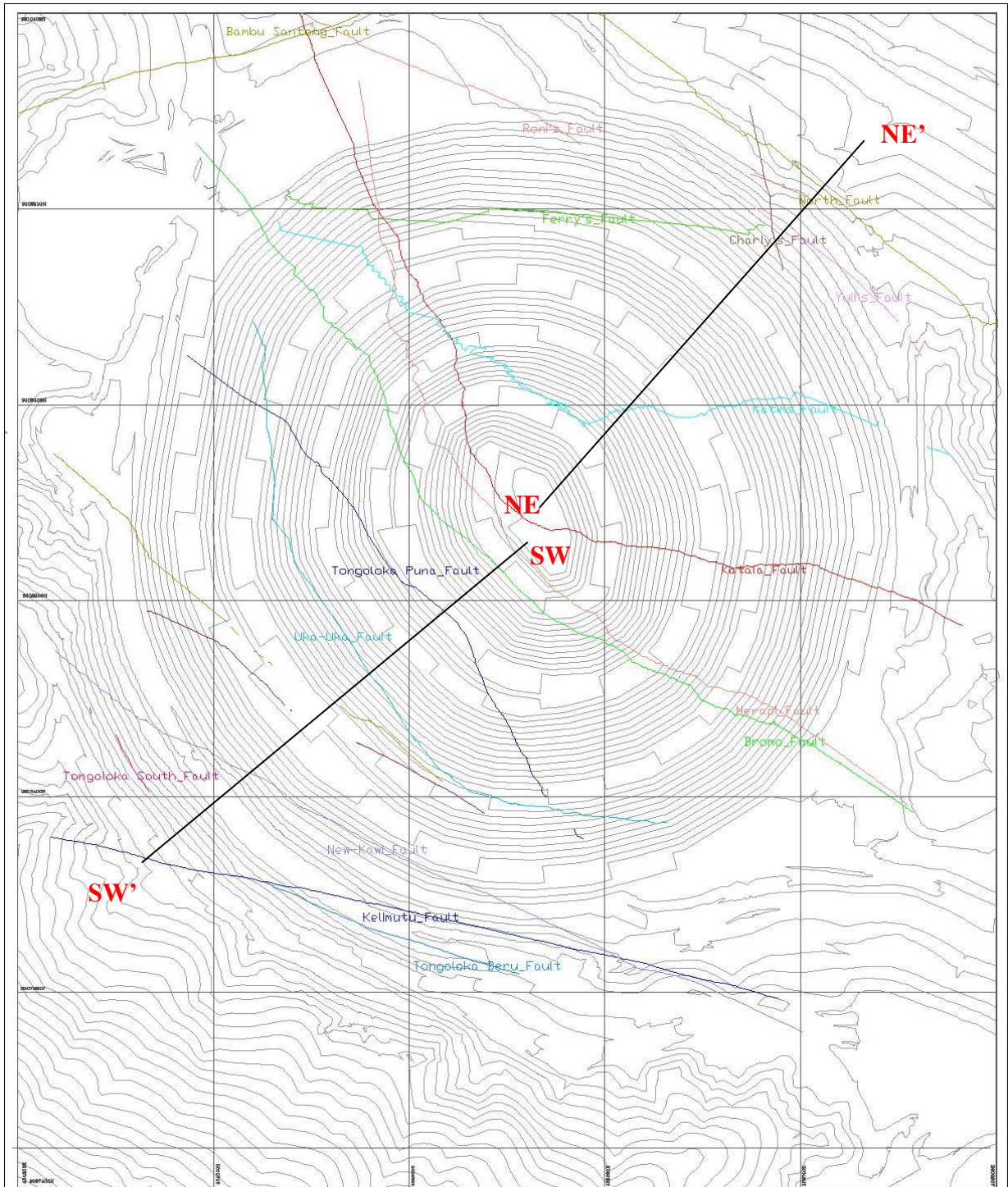
The Control of the PI is 5700mL, 6000mL
Designed by Mine Engineering

| Domain | Block Number (BA) | Inter-ramp Angle (BA) | Search Rise Angle (BA) | Search Height (m) | Search Configuration | Search Search Width (m) |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Domain 1 (Yellow Ramp) | 0400 | 30 | 30 | 10 | 100% | 10.0 |
| | 0400 | 41 | 30 | 10 | 100% | 10.0 |
| Domain 2 (Red Ramp) | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 040000 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| Domain 3 (Cyan Ramp) | 0400 | 41 | 25 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 040000 | 41 | 25 | 10 | 100% | 11.2 |
| Domain 4 (Magenta Ramp) | 0400 | 41 | 50 | 10 | 100% | 10.0 |
| | 040000 | 41 | 50 | 10 | 100% | 10.0 |
| Domain 5 (Orange Ramp) | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 100100 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| Domain 6 (Purple Ramp) | 0400 | 41 | 50 | 10 | 100% | 10.0 |
| | 100100 | 41 | 50 | 10 | 100% | 10.0 |
| Domain 7 | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| Domain 8 | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |
| | 0400 | 41 | 20 | 10 | 100% | 11.2 |

100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)
 100% Ramp System (1000mL to 10000mL)

PT MIMBONG NUSA TENGGARA
BATU HIJAU PIT

**GEO TECH MODEL OF
BATU HIJAU PIT**
12v2 Phase5
May '11 Geotech Domain
April 16, 2012



Legenda:

 Line of Fault

 PT. NEWMONT NUSA TENGGARA



GEOTECHNICAL & HYDROGEOLOGICAL
 Actual Line Mapping 2012
 Topo July 31, 2012