



HUBUNGAN DENSITAS KEKAR DENGAN PROBABILITAS LONGSOR PADA BATUAN DIORIT DI TAMBANG TERBUKA BATU HIJAU, SUMBAWA, PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Muhammad Nur Arizal^{1*}, Raden Irvan Sophian¹, Dicky Muslim¹, Yan Adriansyah¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: muhnur.arizal@gmail.com

ABSTRAK

Lokasi penelitian terletak di Tambang terbuka Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara di bagian barat daya pulau Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Longsor pada daerah penelitian merupakan masalah utama terutama pada lereng tambang yang disusun oleh batuan Diorit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar probabilitas longsor dan sejauh mana hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor. Berdasarkan hasil penelitian arah dari struktur minor (kekar) berarah barat-timur, hal tersebut akan mengikuti pola arah struktur utama yang ada di daerah penelitian dengan arah yang sejajar/ berpotongan. Hasil analisis kinematik terdapat 2 jenis probabilitas longsoran di daerah penelitian yaitu probabilitas longsoran Bidang dan Baji. Pada longsoran Bidang mempunyai nilai PoF tertinggi 14.3 % dan terendah 0 %, sedangkan pada longsoran Baji mempunyai nilai PoF tertinggi 24.7 % dan terendah 2.4 %. Probabilitas longsor didominasi oleh longsoran baji hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji statistik. Hasil uji statistik hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsoran baji berhubungan secara signifikan dengan nilai $r = 0.66$ sedangkan densitas kekar dengan probabilitas longsoran bidang berhubungan tidak signifikan dengan nilai $r = 0.39$. Pada longsoran bidang ada faktor lain yang mempengaruhi tidak hanya densitas kekar namun orientasi salah satunya arah *dipping* dari kekar.

Kata Kunci : Tambang Batu Hijau, Densitas Kekar, Probabilitas Longsor

ABSTRACT

The research area is located at Batu Hijau Open Mine PT. Amman Mineral Nusa Tenggara in southwest part of Sumbawa island, West Nusa Tenggara Province.. Landslide in the research area becomes a major problem in mine deposits composed by Diorite rocks. This research can be done to know the geology condition of research area. The study area was composed by Quartz Diorite rock and based on the research direction of the east-west trending minor structure, this will follow the direction pattern of the main structure in the area with the parallel/intersecting direction. Result of kinematic analysis, there are 2 types probability of failure in research area that is probability of failure Wedge and Planar. Planar landslide has the highest PoF value of 14.3% and the lowest 0%, while in Wedge landslide has the highest PoF value of 24.7% and the lowest is 2.4%. The probability of failure is dominated by the wedge slide it is proved by statistical test result. The result of statistical test of the joint density correlation with the probability of failure wedge is strongly correlated with the value of $r = 0.66$ while the relationship between joint density with probability of failure planar is not significant with value $r = 0.39$. In the landslide of planar there are other factors that affect not only the joint density but the orientation of one dipping direction of the joint..

Keywords: Batu Hijau Mine, Joint Density, Probability of Failure

1. PENDAHULUAN

Struktur geologi yang cukup kompleks di wilayah tambang Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT) menyebabkan ketidakstabilan lereng. Kestabilan lereng menjadi perhatian khusus dalam perencanaan operasi pertambangan khususnya tambang terbuka baik jangka pendek maupun jangka panjang. Perhitungan dan pemantauan secara tepat dan sesuai harus dilakukan untuk memitigasi dampak resiko longsor. Longsor yang terjadi pada daerah penelitian diperkirakan terjadi karena dinamika permasalahan lereng di lokasi penelitian sangat erat kaitannya dengan aspek geologi regional yang mengontrol Pulau Sumbawa dan sekitarnya. Pergerakan Lempeng Australia yang berarah relatif barat daya-timur laut membentuk zona subduksi di sepanjang Palung Sunda (*Sunda Trench*) mengakibatkan pulau Sumbawa menjadi rentan terjadinya bencana geologi (McCaffrey, 2009). Salah satu dampak aktivitas intensitas tektonik yang terjadi di daerah penelitian adalah intensifnya bidang-bidang diskontinuitas salah satunya adalah kekar. Kondisi geologi Batu Hijau dimulai dari diterobosnya satuan batuan Vulkanik oleh tiga kali intrusi, antara lain intrusi Diorit, Tonalit Intermediet, dan Tonalit Muda (Garwin, 2002). Pada satuan batuan Diorit memiliki kekuatan batuan yang paling lemah dibandingkan dengan batuan lainnya di tambang Batu Hijau serta ditinjau dari aspek frekuensi kejadian longsor cukup tinggi. Batuan intrusi Diorit di intrusi dua kali oleh intrusi Tonalit Intermediet dan Tonalit Muda sehingga menyebabkan batuan yang diterobos densitas kekaranya akan lebih banyak. Pada Penelitian ini, peneliti ingin mengungkap sejauh mana hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor pada daerah penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional

Batuan di tambang Batu Hijau dapat dikelompokkan menjadi 4, mulai dari

yang paling tua yaitu Batuan Vulkanik, Diorit, Tonalit Intermediet dan yang paling muda adalah Tonalit Muda. Batu Hijau merupakan suatu busur kepulauan yang menghasilkan deposit porfiri emas-tembaga. Lokasi Batu Hijau berada pada zona tektonik aktif busur magmatik Sunda-Banda yang merupakan produk dari pertemuan tiga lempeng besar, yakni Lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik (Clode dkk, 1999). Topografi daerah ini secara umum memperlihatkan kenampakan satuan perbukitan vulkanik tersusun atas batuan intrusi berupa Diorit dan Tonalit. Perbukitan intrusi yang curam merupakan hasil dari proses-proses struktur. Pada satuan perbukitan vulkanik memperlihatkan morfologi yang sedikit terjal dengan vegetasi berupa hutan tropis (Garwin, 2002).

Struktur Geologi

Garwin (2002) menyebutkan bahwa Batu Hijau terjadi dua perioda tektonik yaitu perioda kompresi yang memiliki arah tegasan relatif barat laut-tenggara dan perioda relaksasi yang memiliki arah tegasan relatif barat daya-timur laut. Struktur geologi daerah penelitian umumnya dikontrol oleh keberadaan sesar dan kekar dari fase tektonik akibat dari penerobosan magma/intrusi yang terjadi pada daerah penelitian. Arah umum yang berkembang pada daerah penelitian secara umum berarah Barat-Timur.

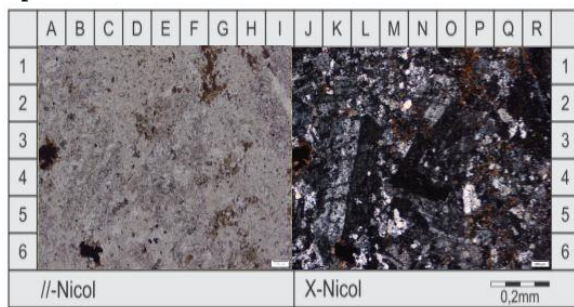
3. METODE

Dalam kajian ini pengambilan data primer dilakukan melalui pemetaan struktur. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain struktur geologi berupa kekar sepanjang lereng yang disusun oleh batuan Diorit, hasil pemetaan struktur dengan menggunakan metode *windows* luasan 2,5x2,5 m dan sifat keteknikan hasil uji laboratorium. Analisis yang digunakan untuk mengetahui probabilitas longsor dilakukan analisis kinematik menggunakan *software Dips v.6 (Rocscience, Inc.)* dan uji statistika.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Geologi

Tambang Batu Hijau terdiri dari 4 satuan batuan, dengan urutan dari tua ke muda antara lain, *Volcanic Lithic Breccia*, *Diorite*, *Intermediate Tonalite*, dan *Young Tonalite*. Litologi pada daerah penelitian difokuskan pada lereng tambang yang disusun oleh batuan Diorit. Batuan Diorit terbentuk dari proses intrusi pertama yang terjadi di tambang Batu Hijau dan salah satu satuan batuan dengan frekuensi kejadian longsor cukup tinggi. Satuan batuan ini berada pada bagian Timur daerah penelitian. Berikut adalah hasil analisis petrografi batuan Diorit daerah penelitian.



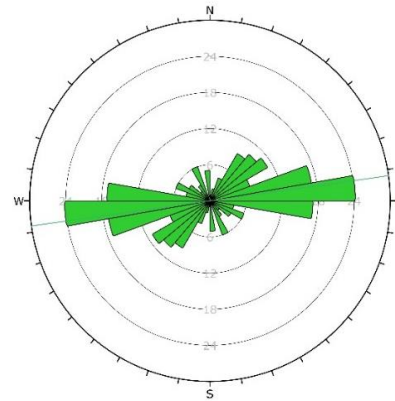
Gambar 4.1 Kenampakan sayatan tipis

Sayatan berwarna putih (//nicol), granulitas faneritik, derajat kristalisasi holokristalin, bentuk kristal subhedral-anhedral, kemas inequigranular, hubungan antar mineral allotriomorf, komposisi mineral terdiri atas kuarsa 15%, plagioklas 55%, biotit 15% dan K-feldspar 10%, serta mineral opak 5%. Nama batuan tersebut bernama *Quartz Diorite* (IUGS, After Streckeisen, 1973).

Struktur geologi merupakan faktor yang sangat penting dan berpengaruh terhadap kondisi geologi suatu daerah penelitian. Pada daerah penelitian terdapat 2 struktur yang berkembang yaitu kekar dan sesar.

Hasil analisis yang telah dilakukan (segmen kekar) pada lereng yang disusun oleh batuan Diorit menunjukkan pola arah umum kekar pada daerah penelitian berarah Barat-Timur, struktur minor (kekar) akan mengikuti pola arah dari struktur utama yang ada di daerah penelitian dengan arah yang sejajar/berpotongan penentuan arah

umum kekar tersebut berdasarkan hasil pengukuran data kekar yang diukur pada daerah penelitian. Data kekar kemudian diolah menggunakan diagram roset pada lereng yang disusun oleh batuan Diorit seperti terlihat dalam (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pola arah umum kekar pada batuan Diorit

4.2 Densitas Kekar

Batuan Diorit merupakan batuan intrusi yang menerobos batuan Vulkanik dan tersebar sekitar 30% daerah tambang Batu Hijau. Penelitian difokuskan di batuan Diorit karena pada satuan batuan ini memiliki nilai kekuatan batuan yang paling lemah dibandingkan dengan satuan batuan lain serta ditinjau dari aspek frekuensi kejadian longsor yang cukup tinggi. Pengukuran densitas kekar dilakukan dengan menggunakan metode luasan (*window mapping*). Fokus pemetaan dilakukan pada area aktif penambangan/pada batuan Diorit dinding tambang yang dianggap masih aman untuk dilakukan pengukuran. Dimensi area pengukuran kekar yang dilakukan pada setiap titik pengamatan adalah 6,25 m². Adapun aspek-aspek yang diukur meliputi : arah/orientasi, kemiringan (*dipping*), pengambilan gambar/sketsa, jumlah dan tipe kekar serta pengambilan titik koordinat dengan menggunakan alat survei yaitu *total station*. Di dalam penelitian ini, peneliti membagi lokasi penelitian ke dalam blok-blok area penelitian berdasarkan *slope aspect* untuk analisis kinematik, berikut data hasil pengukuran dan pengelompokan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data stasiun pengukuran densitas kekar pada batuan Diorit

Blok	DK (m/m ²)	Phi (°)	IRA (°)	Lokasi Mapping
SA-1	2.56	19	38	East Ramp
SA-2	3.616	19	41	North Ramp 2
SA-3	3.696	19	38	East Ramp
SA-4	4.224	13	42	South Ramp 2
SA-5	4.224	19	42	South Ramp 2
SA-6	3.792	36	38	South Ramp 1
SA-7	4.288	19	29	North ramp 1
SA-8	3.568	19	39	North ramp 1
SA-9	4.064	19	39	North ramp 1
SA-10	4.08	36	38	South Ramp 1
SA-11	3.776	33	42	North Ramp 2
SA-12	4.72	19	45	Bottom Ramp
SA-13	4.064	19	45	Bottom Ramp

Keterangan :

DK : Densitas Kekar

IRA : *Inter-Ramp Angle*

SA : *Slope Aspect*

Phi : Sudut Geser Dalam

4.3 Analisis Kinematik

Analisis kinematika merupakan salah satu metode analisis kestabilan lereng yang menggunakan parameter orientasi struktur geologi, orientasi lereng, IRA (*Inter-Ramp Angle*) dan sudut geser dalam batuan yang diproyeksikan pada stereonet (Hoek dan Bray, 1981). Untuk memudahkan analisis daerah penelitian dibagi menjadi 13 blok analisis yang telah ditentukan berdasarkan *slope aspect*. Dalam analisis kinematika digunakan Schmidt net dengan proyeksi bidang menjadi titik (*pole plot*) maupun garis lengkung (*plane*) pada *software dip V.6*. Analisis longsor baji menggunakan prinsip proyeksi bidang menjadi garis lengkung sedangkan analisis longsor bidang menggunakan prinsip proyeksi bidang menjadi titik. Data yang

digunakan antara lain data dari pemetaan segmen kekar. Berdasarkan hasil analisis kinematika, dengan memasukan data orientasi bidang diskontinuitas yang berupa struktur geologi (kekar), maka dapat diketahui tipe longsor dan probabilitas longsor. Jenis longsor yang akan terjadi pada lereng tambang yang disusun oleh batuan Diorit adalah longsor bidang dan longsor baji, dikarenakan kondisi lapangan terdapat syarat terjadinya longsor bidang dengan orientasi kekar searah dengan arah lereng dan pada longsor baji orientasi kekar saling berpotongan, dari data segmen kekar dikelompokkan lagi berdasarkan *slope aspect*.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Analisis Kinematik

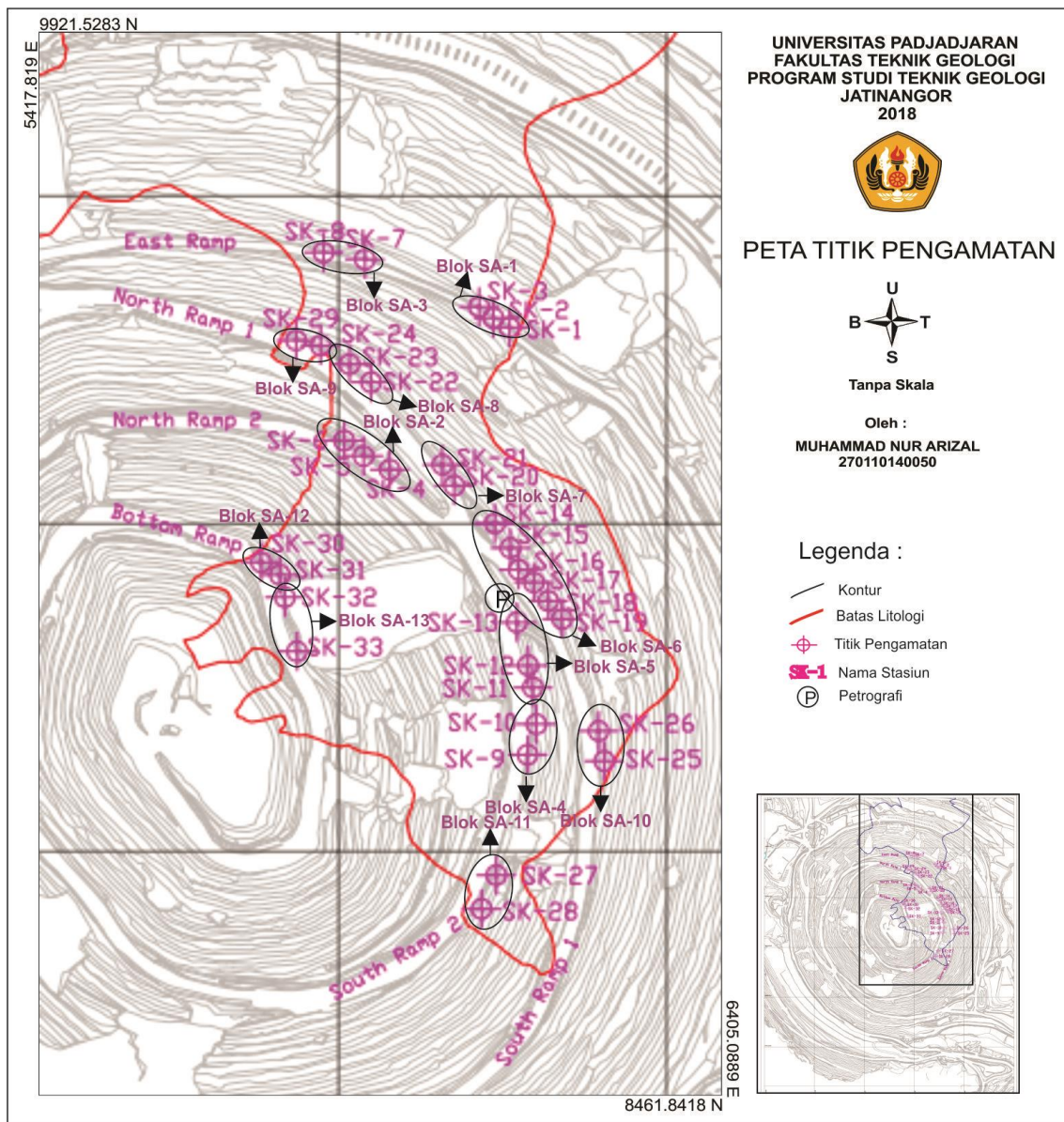
Blok	Probabilitas Longsor (%)	
	Bidang	Baji
SA-1	0	3.7
SA-2	6.9	14.18
SA-3	0	2.4
SA-4	0	15.4
SA-5	8.1	20.3
SA-6	8.2	13.4
SA-7	0	13.9
SA-8	0	7.02
SA-9	14.3	14.8
SA-10	0	3.1
SA-11	4.5	9.1
SA-12	11.5	24.7
SA-13	5	8.6

4.4 Hubungan Densitas Kekar dengan Probabilitas Longsor

Struktur yang cukup kompleks pada daerah penelitian menjadi salah satu faktor pemicu banyaknya retakan-retakan yang terdapat di daerah penelitian area tambang Batu Hijau. Faktor utama yang menyebabkan lereng tersebut berpotensi longsor adalah orientasi dari struktur yang berkembang namun secara logika tidak hanya orientasi tetapi kerapatan struktur juga mempengaruhi, jika kerapatan strukturnya semakin banyak maka

probabilitas longsohnya akan tinggi. Hal ini

dapat dibuktikan dengan analisis statistik.



Gambar 4.3 Sebaran lokasi pengukuran segmen kekar

Dalam analisis statistik digunakan uji normalitas terlebih dahulu untuk mengetahui data yang diamati berdistribusi normal/tidak. Terdapat 3 variabel yang di uji diantaranya variabel densitas kekar PoF longsor bidang, dan PoF longsor Baji. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data densitas kekar, PoF longsor bidang dan PoF longsor baji pada daerah penelitian berdistribusi normal.

Pada longsoran bidang berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis regresi-korelasi antara densitas kekar dengan probabilitas longsor pada longsoran bidang menghasilkan koefisien korelasi dengan persamaan regresi $y = 3.8161x - 10.381$ adalah $r = 0.39$ atau dapat dikatakan berkorelasi rendah (Sugiyono, 2015). Taraf signifikansi, dari koefisien korelasi dihitung dengan rumus $t = r\sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$ dan hasilnya diperoleh nilai t_{hitung} 1.39. Dengan

taraf nyata 0.05 dan df (derajat kebebasan) $n-2$, diperoleh nilai t_{tabel} adalah 1,69. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$, maka dapat dinyatakan bahwa hipotesis H_0 diterima.

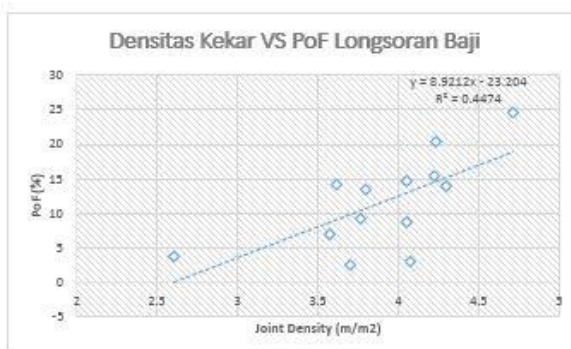
Oleh karena itu kesimpulan hasil uji signifikansi adalah bahwa hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor baji tidak signifikan.



Gambar 4.4 Hubungan Densitas Kekar dengan Probabilitas Longsor Bidang

Pada longsor Baji berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis regresi-korelasi antara densitas kekar dengan probabilitas longsor pada longsor baji menghasilkan koefisien korelasi dengan persamaan regresi $y = 8.9212x - 23.204$ adalah $r = 0.66$ atau dapat dikatakan berkorelasi kuat (Sugiyono, 2015).

Taraf signifikansi, dari koefisien korelasi dihitung dengan rumus $t = r\sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$ dan diperoleh nilai t_{hitung} 2.94. Dengan taraf nyata 0.05 dan df (derajat kebebasan) $n-2$, diperoleh nilai t_{tabel} adalah 2.201. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$, maka dapat dinyatakan bahwa hipotesis H_0 ditolak.



Gambar 4.5 Hubungan Densitas Kekar dengan Probabilitas Longsor Baji

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa adanya hubungan antara densitas kekar dengan probabilitas longsor pada longsor baji maupun bidang, artinya semakin banyak densitas kekar maka probabilitas longsor akan semakin tinggi dikarenakan kerapatan struktur semakin rapat yang menyebabkan terbentuknya bidang-bidang gelincir sehingga terjadinya gejala ketidakstabilan lereng yang terjadi di daerah penelitian dan dapat berpotensi longsor. Pada tipe longsor baji menunjukkan hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor baji secara signifikan, sedangkan pada tipe longsor bidang menunjukkan hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor bidang tidak signifikan artinya pada longsor bidang ada faktor/variabel lain yang lebih mempengaruhi salahsatunya adalah orientasi berupa arah *dipping* dari bidang lemah berupa kekar yang masuk tubuh lereng.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis petrografi penamaan batuan diorit pada daerah penelitian yaitu *Quartz Diorite*. Terdapat 2 tipe probabilitas longsor pada daerah penelitian yaitu probabilitas longsor Bidang dan Baji. Hasil analisis kinematik pada longsor Bidang mempunyai nilai PoF tertinggi 14.3 % dan terendah 0 %, sedangkan pada longsor Baji mempunyai nilai PoF tertinggi 24.7 % dan terendah 2.4 %. Dari hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan densitas kekar dengan probabilitas longsor dimana pada longsor baji berhubungan secara signifikan dengan persamaan regresi $y = 8.9212x - 23.204$ adalah $r = 0.69$. Sedangkan pada longsor bidang mempunyai hubungan tidak signifikan dengan persamaan regresi $y = 3.8161x - 10.381$ adalah $r = 0.39$ artinya banyaknya densitas kekar tidak terlalu berpengaruh terhadap longsor bidang, karena pada longsor bidang ada

faktor/variabel lain yang lebih mempengaruhinya diantaranya orientasi berupa arah *dipping* dari kekar, apabila arah dipnya masuk dalam tubuh lereng probabilitas longsornya kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima banyak kasih kepada Pembimbing Penulis yang telah membimbing penelitian ini. Selain itu, penulis ucapkan terima kasih pula kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran dan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yang telah membantu dan mengizinkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Clode, C., Proffet, J., Mitchell, P., and Munajat, L., 1999. *Relationship of intrusion, wallrock alteration and mineralization in the Batu Hijau*

Copper-Gold Porphyry Deposit. PACRIM Congress 1999.

Garwin, S. 2002. *The geologic setting of intrusion-related hydrothermal systems near the batu hijau porphyry copper-gold deposit*. Society of Economic Geologists Special Publication, 9, p. 333-336.

Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering, 3rd Edition. The Institutional Of Mining And Metallurgy*. London :356h.

McCaffrey, R., 2009. *The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2009.37:345-366.

Sugiyono, 2015. *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta, Bandung.

Sudjana, M.A., M.Sc. 1992. *Metode Statistika Edisi Ke 5*. TARSITO: Bandung