

**ORIENTASI INTI BATUAN HASIL PEMBORAN PADA RANCANGAN LERENG
TAMBANG EMAS TERBUKA ARAREN DI PT. TAMBANG TONDANO NUSAJAYA,
SULAWESI UTARA**

**ROCK CORE ORIENTATION ON THE OPEN PIT SLOPE DESIGN OF ARAREN GOLD
MINE, PT. TAMBANG TONDANO NUSAJAYA, NORTH SULAWESI**

Immanuel Seru¹, Zufialdi Zakaria², Dicky Muslim²

¹Program Pascasarjana (S2), FTG-UNPAD Jl. Dipati Ukur No. 35, Bandung

²Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

Email: Imanuel.Seru@yahoo.co.id

SARI

Makalah ini mempresentasikan pendekatan penyelidikan geoteknik untuk mengetahui sebaran orientasi bidang diskontinuitas di bawah permukaan melalui pemboran geoteknik dengan orientasi inti batuan (*rock core orientation*) sebagai tahap awal pada rancangan lereng tambang emas terbuka Araren. Tiga lubang bor ditempatkan pada bagian timur, selatan, dan barat pada rancangan lereng akhir tambang terbuka. Metoda pemboran inti dimulai dari permukaan untuk mengumpulkan informasi massa batuan dan bidang diskontinuitas. Orientasi bidang diskontinuitas pada inti batuan hasil pemboran (*oriented core*) digunakan untuk mengamati potensi masalah kestabilan jenjang pada lereng batuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi longsoran bidang, baji, dan rebah berpeluang terjadi dan tersebar pada lereng tambang di lokasi pengamatan.

Kata kunci: orientasi inti batuan, bidang diskontinuitas, lereng batuan, longsoran bidang, longsoran baji, longsoran rebah.

ABSTRACT

This paper presents approach of geotechnical investigation as early stage to identify sub surface discontinuity distribution of structural geology as the early stage for Araren open pit slope design. Three drill holes are located at the eastern, southern, and western sides of the designed final pit wall. Core drilling method commenced from ground surface to collect rock mass and discontinuities plane information. The measured discontinuities orientations on drilled rock core (oriented core) may be utilized to observe potential bench stability problem of rock slopes. Result of this study showed planar, wedge, and toppling failures potential to occur and distribute well on the rock slope at observation area.

Keywords: *rock core orientation, discontinuity plane, rock slope, planar, wedge failure, toppling failure.*

Literatur Geologi Daerah Penelitian

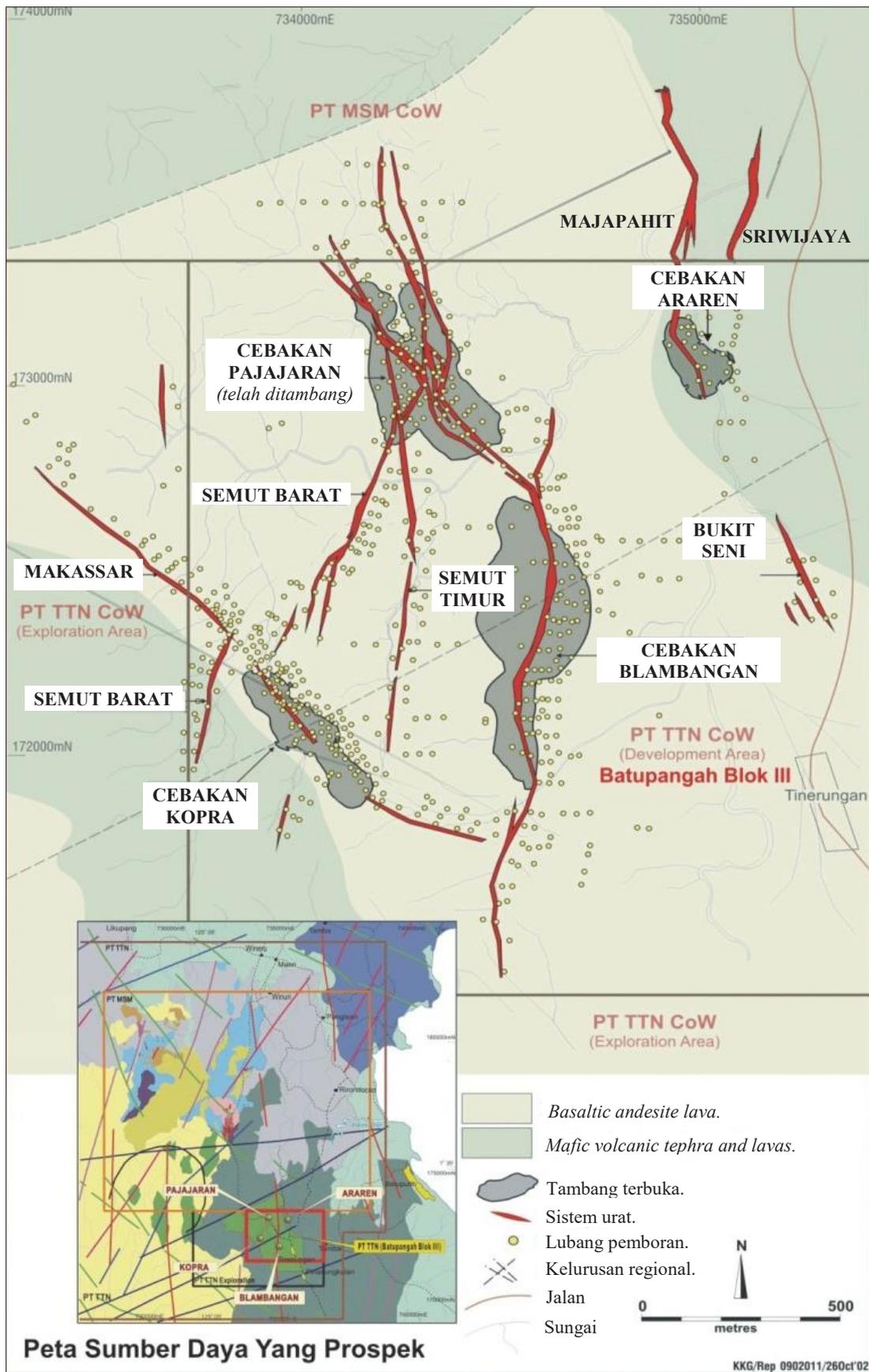
Wilayah PT. Tambang Tondano Nusajaya (PT. TTN) terdapat di sebuah jalur endapan vulkanik yang termineralisasi kuat dan daerah intrusi yang kuat mengikuti Jalur Magmatik Mindanou Timur – Sulawesi. Jalur awal Miosen – Kuartar tersebut terbentuk oleh tumbukan ke arah barat terhadap lempeng bagian timur Asia Tenggara, (Grose, 1997). Cebakan emas terbentuk dalam lapisan andesit vulkanik kala Miosen Akhir – Pliosen yang tertutup lapisan tefra Kuartar dan endapan vulkanik andesit porfiritik sebagai batuan penyusun utama. Penyebaran dan sifat geologi dari semua jenis urat dan cebakan emas secara keseluruhan hampir sama.

Bagian struktur utama dari daerah cebakan Batupangah adalah *brittle fault* dan rekahan-rekahan yang menunjukkan arah mineralisasi utara-selatan dan baratlaut-tenggara. Struktur ini disimpulkan sebagai patahan blok normal (*normal block faults*) dengan kemiringan umumnya lebih besar dari 60 derajat. Grose (1997) menjelaskan bahwa pergerakan patahan mendatar dekstral yang kecil telah membuka beberapa patahan yang menyebabkan

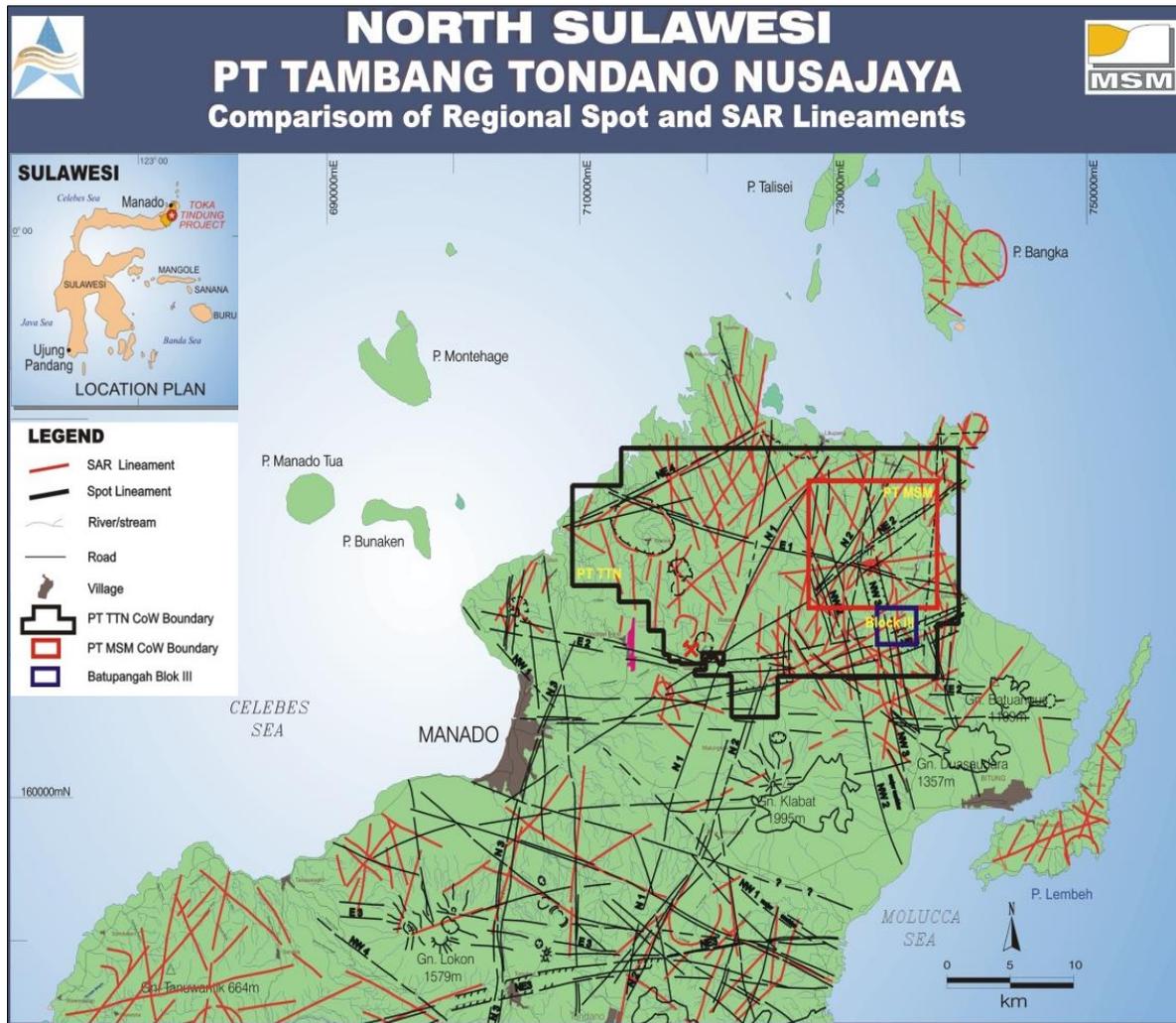
penebalan signifikan pada bagian dari mineralisasi urat, terutama di lipatan (*flexure*) pada struktur batuan induk (*host rock*).

Cebakan emas terbentuk dari dua urat yang hampir sejajar dengan lebar 1m hingga 7m berarah utara-selatan. Pengeboran eksplorasi dengan total panjang kedalaman lebih dari 15.000 m di sepanjang *strike vein* dengan kedalaman titik bor antara 150 m hingga 350 m dilakukan pada cebakan urat bagian barat (Majapahit) dan di bagian timur (Sriwijaya). Urat Sriwijaya berada kurang lebih 100 m sebelah timur dari urat Majapahit, urat tersebut bersambung di bagian selatan. Sistem urat di Araren miring hampir vertikal ke arah timur (Gambar 1).

Analisa struktur regional dari pola kelurusan foto ditunjukkan dalam Gambar-2. Dua koridor rekahan berarah utara-utara timur laut yang dapat terlihat pada foto, yaitu koridor rekahan berarah selatan tenggara dan yang kedua utara-utara timur laut yang mencakup prospek Araren. Interpretasi struktur gambar SPOT mengidentifikasi arah kelurusan yang sama, namun set berarah baratlaut lebih banyak terlihat (Lockett, 1996).



Gambar 1. Daerah cebakan Batupangah (Anonim, 2006).



Gambar 2. Perbandingan pola kelurusan citra SAR (*synthetic Aperture Radar*) dan SPOT (Anonim, 2006).

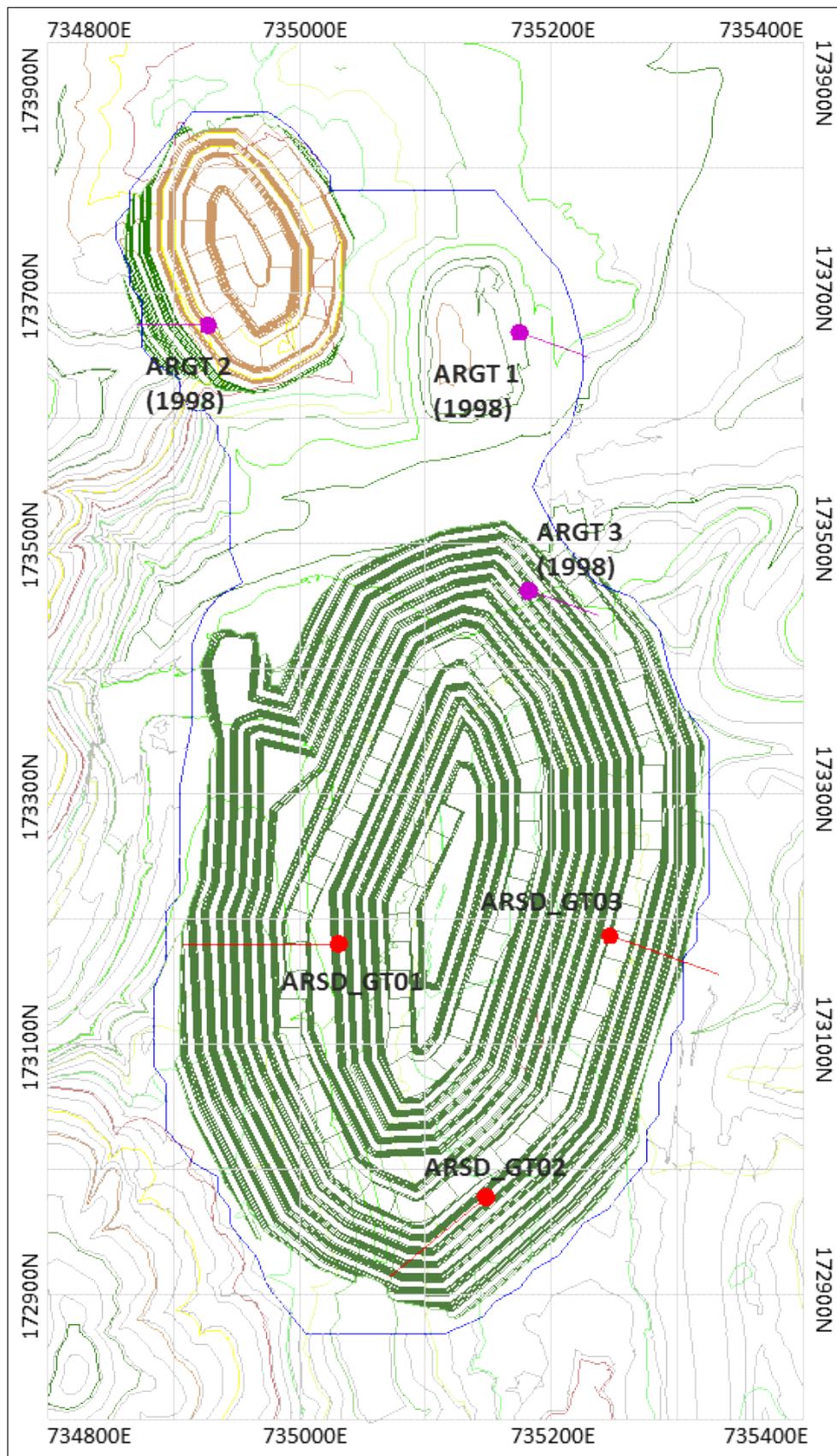
Metode Penelitian

Persiapan. Mengumpulkan informasi yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya mengenai hal yang berhubungan dengan penelitian. Persiapan dan studi peta yang dibutuhkan di antaranya adalah peta topografi dan rancangan tambang terbuka. Menentukan

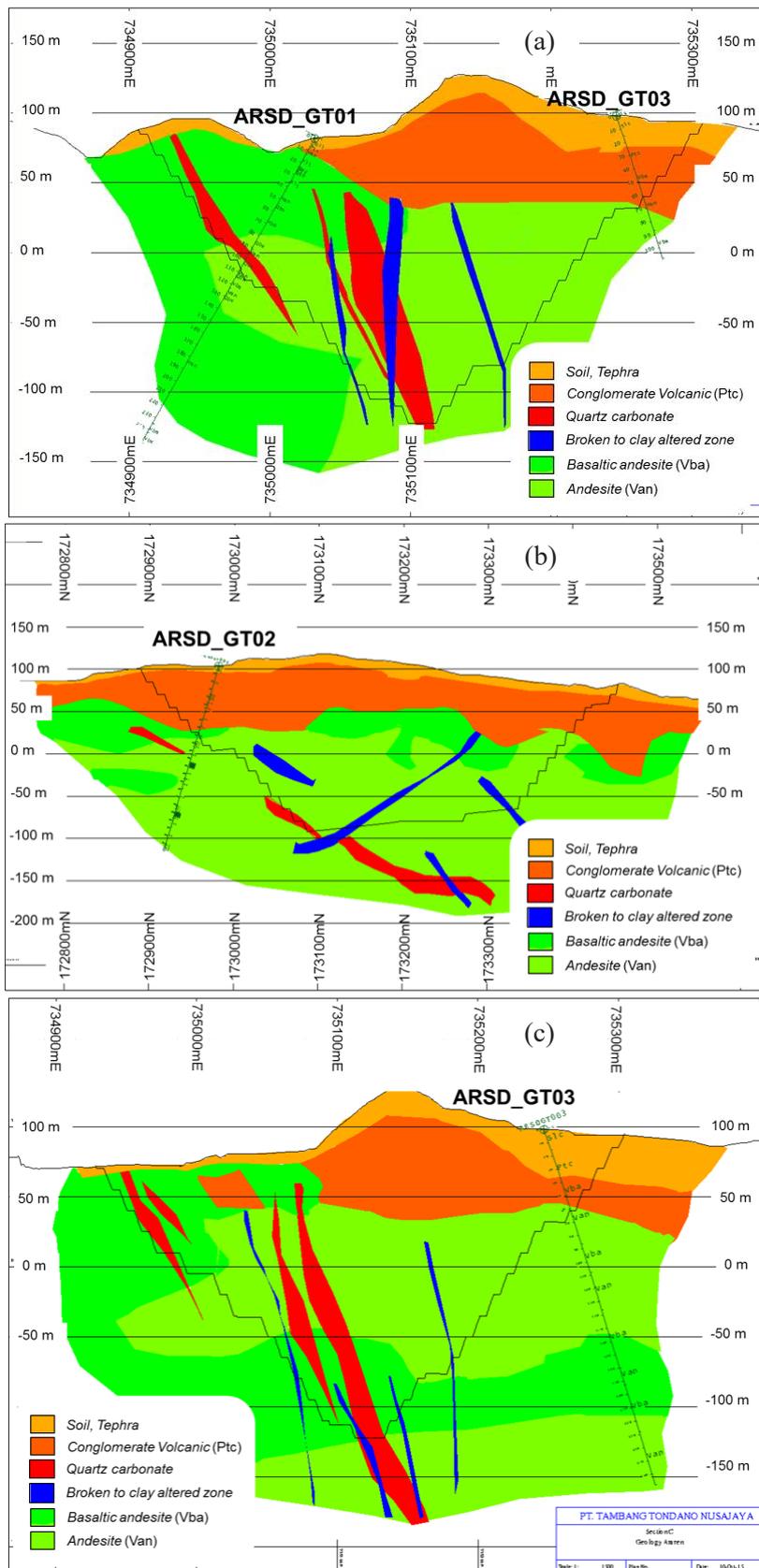
lokasi dan rancangan pemboran geoteknik dilakukan pada tahap ini. Rancangan lubang bor pada 2015 diperlihatkan pada Tabel 1. Gambar 3 memperlihatkan posisi lubang pemboran geoteknik pada 1998 dan 2015 terhadap rancangan tambang terbuka. Gambar 4 (a), (b), dan (c) memperlihatkan penampang melintang setiap lubang pengeboran.

Tabel 1. Rancangan pemboran Geoteknik.

Nomor ARSD Lubang Bor	Koordinat			Azimuth (N...°E)	Kemiringan (...°)	Panjang (m)
	mN	mE	Elevasi (m)			
GT01	173179.68	735031.34	82	270	60	250.2
GT02	172977.64	735148.46	103.87	230	65	239.1
GT03	173186.17	735246.57	97.78	110	70	268.1



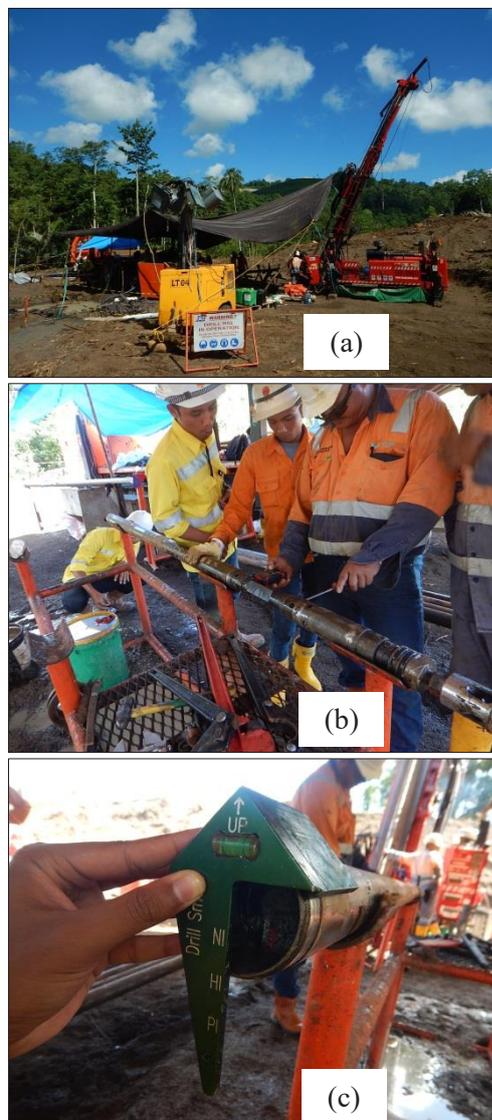
Gambar 3. Posisi lubang pemboran geoteknik pada rancangan tambang terbuka Araren (Anonim, 1998).



Gambar 4. Penampang melintang (searah lubang bor) dan interpretasi geologi; (a) ARSD_GT01, (b) ARSD_GT02, dan (c) ARSD_GT03.

Pelaksanaan pemboran. Pemboran inti dimulai pada 18 Maret 2015 dan selesai pada 14 April 2015 dengan total 757,4 m panjang lubang bor. Dilakukan dengan mesin bor Hanjin 7000 rig, menggunakan ukuran standard *wireline core barrel* PQ3 (diameter inti batuan 83 mm) dan HQ3 (diameter inti batuan 61,1 mm), *wireline triple-tube* untuk memaksimalkan perolehan inti (*core recovery*). Lumpur pemboran digunakan untuk meningkatkan perolehan inti batuan. Inti batuan yang berhasil diorientasi (menggunakan alat digital ORIFINDER *Core Orientation System*) diberikan tanda pada bagian dasar lubang. Tanda ini digunakan untuk

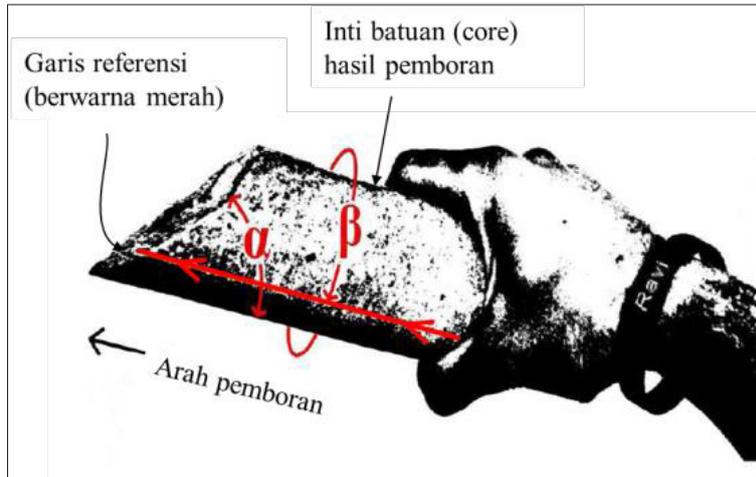
menggambar garis lurus sebagai referensi di sepanjang inti batuan hasil pemboran. Inti batuan dihasilkan dari lubang bor diletakkan pada rel besi baja berbentuk V untuk memudahkan saat pengambilan dan pengukuran data. Panjang inti batuan hasil pemboran (*run*) di lokasi pengamatan bervariasi mulai dari 40 cm hingga maksimum 1,5 m. Kondisi batuan yang menguntungkan dan teknik pemboran yang baik dapat memberikan panjang inti batuan maksimum. Survei kamera dilakukan setiap 30 m panjang lubang setiap selesai dibor. Gambar 5 (a), (b), dan (c) memperlihatkan kondisi pada penjelasan di atas.



Gambar 5. (a) Pelaksanaan pemboran geoteknik, (b) Orientasi inti batuan menggunakan alat orientasi digital ORIFINDER *Core Orientation System*, (c) Bagian dasar inti batuan ditandai untuk menentukan garis referensi.

Pengumpulan data (*logging*). Pengumpulan data pemboran, massa batuan, dan bidang diskontinuitas dilakukan sebelum inti batuan hasil pemboran dimasukkan ke dalam kotak penyimpanan (*core box*). Inti batuan yang diorientasi menggunakan metoda alfa (dapat memakai busur derajat) dan beta

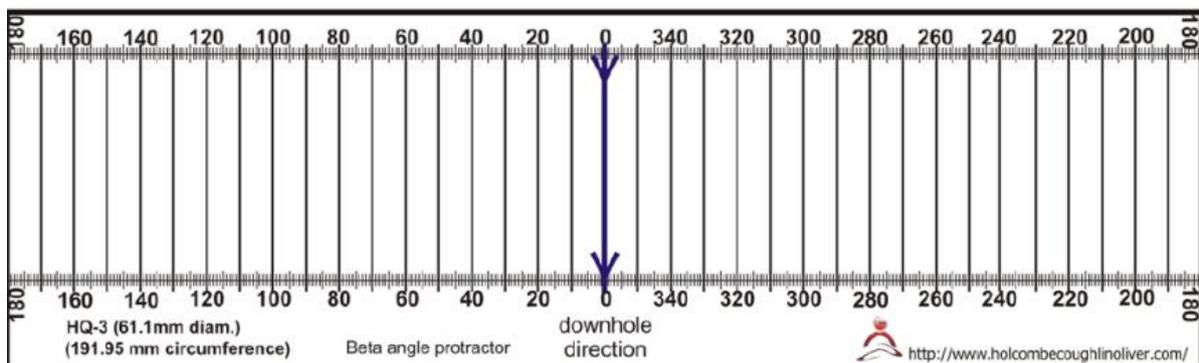
(Gambar 6) memakai *protractor* yang tersedia (Gambar 7). Dokumentasi foto dilakukan dengan menyertakan nama lubang bor, tanggal, kedalaman dan interval panjang lubang bor, serta nomor kotak penyimpanan. Semua inti batuan disimpan di *Core Shed* (Gambar 8).



Gambar 6. Pengukuran sudut alfa dan beta pada inti batuan (Cylwik *et al.*, 2011, dalam Ureel *et al.*, 2013).

Keterangan : Sudut alfa (α) adalah besaran sudut antara sumbu inti batuan terhadap kemiringan bidang diskontinuitas, berkisar antara 0° dan 90° . Sudut beta (β) adalah besaran sudut di sekeliling inti batuan antara garis referensi

(ditandai pada bagian bawah inti batuan dengan alat Orifinder) dan bagian ujung elips atau besar kemiringan maksimum bidang diskontinuitas, berkisar antara 0° dan 360° . Metoda pengukuran β selalu melihat ke arah pemboran.



Gambar 7. *Protractor* untuk mengukur sudut beta (HCO, 2010).

Pengolahan data. Orientasi bidang diskontinuitas yang terukur pada inti batuan hasil pemboran (alfa, α dan beta, β) dikonversi menjadi kemiringan dan arah

kemiringan sebenarnya di alam (*dip* dan *dip direction*) memakai perangkat lunak DIPS versi 6.016 (Rocscience, 2014).



Gambar 8. Dokumentasi foto inti batuan di Core Shed.

Hasil dan Pembahasan

Orientasi inti batuan (pengukuran alfa dan beta) dilakukan dengan baik pada lubang pemboran ARSD_GT01 yang pertemuannya dengan rancangan lereng tambang terjadi pada batuan Andesit. Kondisi berbeda pada lubang bor ARSD_GT02 dan 03 yang terdapat kontak litologi antara

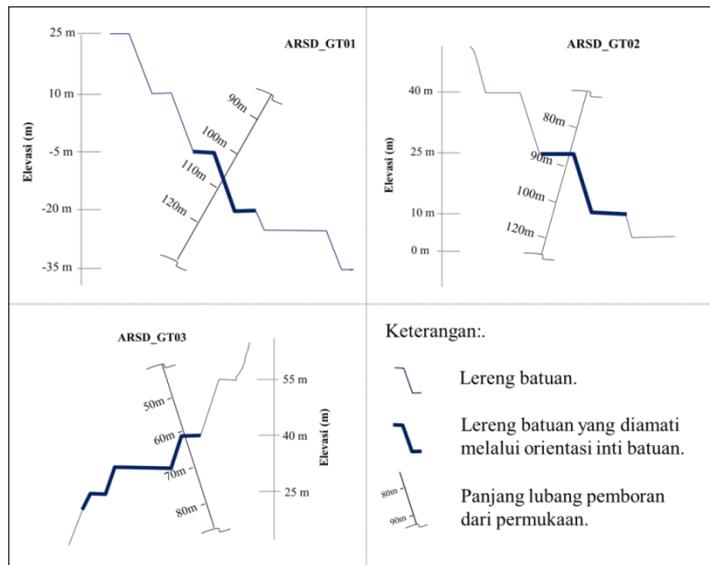
konglomerat vulkanik dengan Andesit dan Basalt. Pada Tabel 2 di bawah memperlihatkan ringkasan orientasi inti batuan lebih baik di ARSD_GT01. Beberapa kegagalan melakukan orientasi bidang diskontinuitas disebabkan karena tidak dapat meletakkan tanda dan garis referensi pada inti batuan yang rusak atau hancur.

Tabel 2. Ringkasan orientasi inti batuan.

Nomor ARSD Lubang Bor	Pengamatan pada meter pemboran		Total panjang inti batuan (m)	Panjang inti batuan yang diorientasi (m)	Persentasi inti batuan yang diorientasi	Total bidang diskontinuitas yang diorientasi
	Dari (m)	Ke (m)				
GT01	95.36	126.76	31.4	30.4	97	193
GT02	80.65	110.19	29.54	15.64	53	87
GT03	48.55	90.2	41.65	15.15	36	35

Tabel 3 memperlihatkan hasil olahan pilihan data orientasi alfa dan beta menjadi *dip* dan *dip direction* bidang diskontinuitas, yang terletak dekat dengan lereng tambang terbuka. Merujuk kepada hasil uji laboratorium (Anonim, 1998), bahwa nilai sudut geser dalam 30° dapat dipakai untuk analisis kinematik pada tahap rancangan lereng tambang terbuka. Syarat terbentuknya model longsoran

bidang, baji, dan rebah dapat terjadi di setiap lokasi pengamatan lubang bor. Model longsoran baji berpeluang paling besar untuk terjadi, kemudian berturut-turut diikuti dengan model longsoran bidang serta model longsoran rebah. Pada stereonet memperlihatkan masing-masing analisis kinematik pada setiap lubang bor dan lereng tambang (Tabel 4 dan Gambar 10).



Gambar 9. Pengamatan lereng melalui pemboran dan orientasi inti batuan (merujuk pada Gambar-3, sketsa tanpa skala).

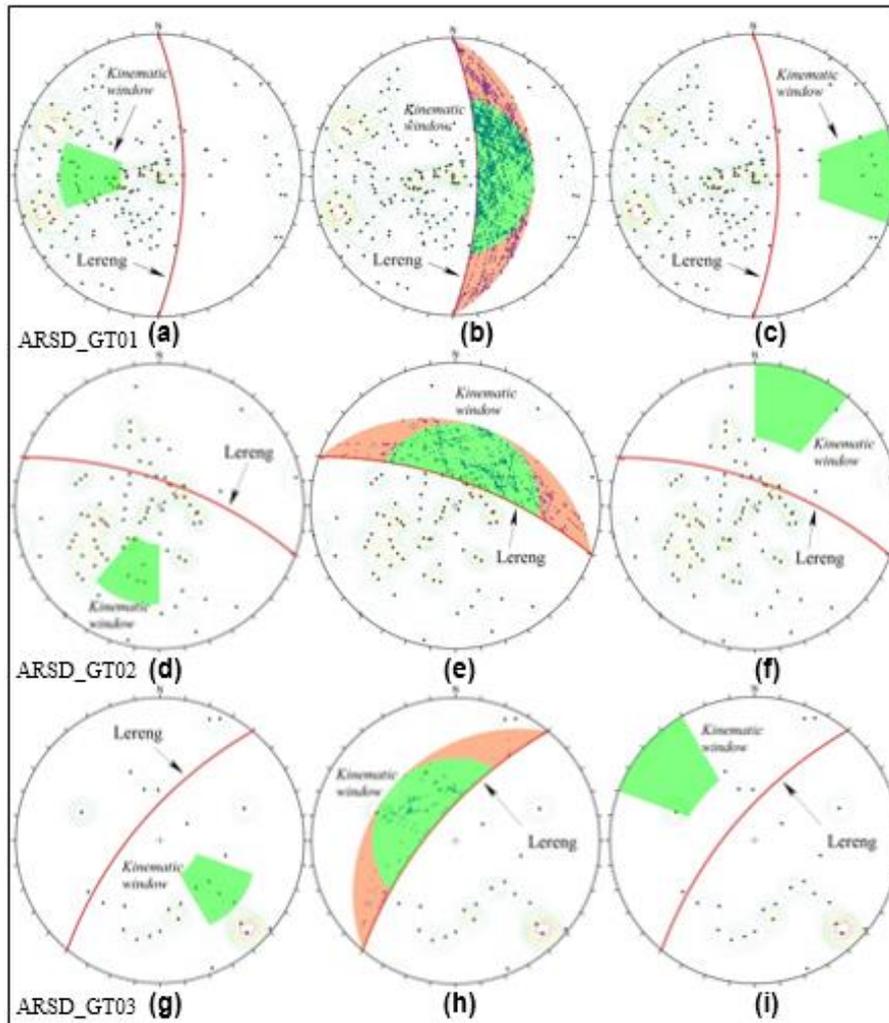
Tabel 3. Ringkasan hasil pengolahan data alfa dan beta menggunakan perangkat lunak DIPS versi 6.016.

ARSD-GT.01 Kemiringan lubang bor: 60° Azimuth: 270°						ARSD-GT.02 Kemiringan lubang bor: 65° Azimuth: 230°					ARSD-GT.03 Kemiringan lubang bor: 70° Azimuth: 110°				
No	Kedalaman (m)	Alfa	Beta	Dip	Dip Dir.	Kedalaman (m)	Alfa	Beta	Dip	Dip Dir.	Kedalaman (m)	Alfa	Beta	Dip	Dip Dir.
1	95,36	50	150	20	197	80,65	80	70	30	69	48,80	15	130	63	54
2	95,42	40	340	79	75	80,68	65	190	4	325	48,90	30	80	65	360
3	95,57	60	60	51	124	80,84	30	30	84	67	49,00	25	30	83	317
34	100,02	45	120	38	176	89,14	18	350	83	220	90,00	5	275	87	206
35	100,48	40	140	32	201	89,20	52	355	63	47	90,20	20	120	61	42
36	100,51	40	140	32	201	90,82	52	50	57	84					
85	109,60	40	350	80	82	109,99	31	40	79	84					
86	109,77	22	10	82	279	110,07	40	75	60	109					
87	110,18	35	340	84	74	110,19	65	160	8	131					
88	110,56	40	335	78	71										
192	126,24	40	260	51	15										
193	126,76	40	340	79	75										

Tabel 4. Hasil analisa kinematik perangkat lunak DIPS versi 6.016.

Nomor ARSD Lubang Bor	Elevasi lereng batuan (m)	Kemiringan lereng (...°)	Arah kemiringan lereng (N...°/E)	Model longsoran	Jumlah bidang diskontinuitas yang diamati ^{*)}	Jumlah potensi longsor (bahaya lereng)	Persentase jumlah potensi longsor (%)
GT01	-5 ke - 20	70	90	Bidang	193	23	11,9
				Rebah	193	8	4,1
				Baji	18.484	4.681	25,3
GT02	25 ke 10	70	25	Bidang	87	6	6,9
				Rebah	87	1	1,1
				Baji	3,738	817	21,9
GT03	40 ke 25	70	310	Bidang	35	5	14,3
				Rebah	35	3	8,6
				Baji	585	214	36,6

*) Model longsoran baji: Jumlah kombinasi pasangan dari setiap bidang diskontinuitas yang diamati.



Gambar-10. Stereonet bidang diskontinuitas hasil dari orientasi inti batuan dengan perangkat lunak DIPS versi 6.016 di ARSD_GT01, ARSD_GT02, dan ARSD_GT03: (a), (d), dan (g) potensi model longsor bidang; (b), (e) dan (h) potensi model longsor baji; (c), (f) dan (i) potensi model longsor rebah.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Orientasi inti batuan dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *dip* dan *dip direction* bidang diskontinuitas bawah permukaan dari inti pemboran geoteknik.

Dari pemboran geoteknik ARSD_GT01, 02, dan 03 di lokasi tambang Araren dapat dipetakan distribusi bidang diskontinuitas yang dapat dipakai untuk penentuan potensi bahaya longsor pada lereng tambang dengan menggunakan stereonet.

Dari kajian kemantapan lereng di lokasi pengamatan didapat adanya potensi

longsor bidang, baji, dan rebah pada saat penambangan terbuka dilakukan.

Saran

Pengukuran bidang diskontinuitas di permukaan (pemetaan geologi teknik) diperlukan untuk mendukung kajian bidang diskontinuitas di bawah permukaan yang dapat dilakukan apabila telah dilakukan penambangan terbuka.

Diperlukan uji laboratorium untuk menentukan nilai kuat geser dan parameter kekuatan batuan lainnya di lokasi pengamatan untuk analisa kemantapan lereng batuan yang lebih komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang tidak terhingga penulis ucapkan kepada pihak PT Tambang Tondano Nusajaya atas kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian di lokasi proyek tambang emas Araren.

Daftar Pustaka

- Anonim, 1998. *Araren - Geotechnical Studies*. Laporan internal Coffey Mining Consultant, PT Tambang Tondano Nusajaya, Toka Tindung Project, tidak dipublikasi.
- Anonim, 2006. *Kajian Kelayakan Proyek Emas Batupangah*. Laporan internal tidak dipublikasi.
- Anonim, 2014. *PT Meares Soputan Mining and PT Tambang Tondano Nusajaya Exploration Monthly December 2014 Report*. Laporan internal tidak dipublikasi.
- Anonim, 2015. *PT Meares Soputan Mining and PT Tambang Tondano Nusajaya Exploration Monthly September 2015 Report*. Laporan internal tidak dipublikasi.
- Grose, P.J. 1997. *Batupangah Gold Project Feasibility Study, Appendix B – Part 1*, PT Tambang Tondano Nusajaya, Laporan internal tidak dipublikasi.
- HCO. 2010. *HCO oriented core templates*. Diunduh dari <http://www.holcombecoughlinoliver.com/>.
- HCO. 2011. *Oriented drillcore: measurement and calculation procedures for structural and exploration geologist*, Diunduh dari <http://www.holcombecoughlinoliver.com/>.
- Lockett, N.H. 1996. *Photogeological Interpretation of Black & White 1:30,000 Aerial Photographs and SPOT Imagery*. Unpublished report to PT Aurora Gold Indonesia, Toka Tindung Project, North Sulawesi.
- Rocscience. 2014. *Oriented Core and Rock Mass Classification*. Perangkat lunak DIPS tutorial. Diunduh dari https://www.rocscience.com/help/dips/webhelp/pdf_files/tutorials/Tutorial_05_Oriented_Core_and_Rock_Mass_Classification.pdf
- Ureel S., Momayez M., Oberling Z. 2013. Rock Core Orientation for Mapping Discontinuities and Slope Stability Analysis. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*. Volume 02.
- Wyllie, D.C., & Mah, C.W. 2004. *Rock Slope Engineering, 4th edition*. Spon Press.

Diterima	: 3 September 2015
Direvisi	: 6 Oktober 2015
Disetujui	: 26 November 2015