



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS POTENSI ALIRAN AIR TANAH  
BERDASARKAN NILAI PERMEABILITAS SEKUNDER,  
PADA TAMBANG DALAM, CIURUG *CENTRAL* L. 500,  
UNIT BISNIS DAN PERTAMBANGAN EMAS,  
PT ANEKA TAMBANG TBK, PONGKOR,  
KABUPATEN BOGOR  
JAWA BARAT**

**RINGKASAN TUGAS AKHIR  
( *EXECUTIVE SUMMARY* )**

**NELI NIKLA IKLIMA**

**L2L 009 034**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG  
OKTOBER 2013**

**ANALISIS POTENSI ALIRAN AIRTANAH BERDASARKAN DELINEASI  
NILAI PERMEABILITAS SEKUNDER,  
PADA TAMBANG BAWAH PERMUKAAN, CIURUG *CENTRAL L. 500*,  
UNIT BISNIS PERTAMBANGAN EMAS, PT. ANEKA TAMBANG TBK,  
PONGKOR, KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT**

Oleh :

Neli Nikla Iklima\*, Henarno Pudjihardjo\*, Dian Agus Widiarso\* dan Yosep Purnama\*\*  
(*coresponding email : neliniklaiklima@gmail.com*)

\* *Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah*

\*\* *Unit Bisnis Pertambangan Emas, PT. Aneka Tambang Tbk, Pongkor, Jawa Barat*

### **ABSTRAK**

Kegiatan penambangan emas yang dilakukan oleh PT. Aneka Tambang Tbk, yang berlokasi di Desa Bantar Karet, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, berupa pertambangan tertutup, yaitu pembuatan terowongan bawah tanah untuk pengambilan bijih emas. Penghancuran bijih emas dilakukan dengan metode *blasting* (peledakan) yang dilakukan pada dinding terowongan yang kerap menimbulkan masalah yang sulit diatasi, yaitu airtanah yang tiba-tiba keluar dengan debit tertentu. Akumulasi dari airtanah akan membentuk genangan air, terutama air yang keluar dengan debit besar, akan sangat mengganggu aktifitas pertambangan seperti gangguan aktivitas pekerja serta gangguan lingkungan seperti banjir.

Untuk mengatasi permasalahan airtanah dalam terowongan bawah tanah diperlukan kajian hidrogeologi untuk mengetahui potensi aliran airtanah, berdasarkan besarnya nilai permeabilitas sekunder. Nilai permeabilitas sekunder didapatkan melalui metode *scanline*, yaitu metode pengukuran rekahan dengan membentangkan tali pada dinding terowongan yang terdapat banyak rekahan dengan panjang dan kemiringan tertentu. Rekahan yang terpotong oleh bentangan tali tersebut diukur besar *strike* dan *dip*-nya, serta diamati karakteristik rekahannya, seperti bukaan rekahan (*aperture*), jarak (*spasi*), kemenerusan (*length*), material pengisi, bentuk (*shape*), dan kekasaran (*rough*).

Metode *scanline* dilakukan pada dinding terowongan yang basah, meneteskan air, dan mengalirkan air. Pada lokasi *ramp down* (jalur menurun) *elevasi 450* (RY – 01), didapatkan hasil permeabilitas rata-rata sebesar  $3.6 \times 10^{-4}$  m/s. Untuk dinding yang teraliri oleh air, nilai permeabilitas yang didapat adalah nilai permeabilitas tertinggi yaitu  $2.6 \times 10^{-3}$  m/s. Sedangkan untuk *akses ramp down elevasi 500* (RY – 02) didapatkan nilai permeabilitas yang lebih rendah yaitu  $1.3 \times 10^{-5}$  m/s. Potensi aliran airtanah tertinggi berada pada lokasi RY-01 yaitu STA 3 dan STA 6. Pada kedua stasiun pengamatan ini ditemukan aliran airtanah dengan debit yang kecil, dan untuk STA 6 merupakan akumulasi arah aliran airtanah pada peta kontur MAT. Berdasarkan nilai permeabilitas sekunder dan karakteristik rekahan dari kedua lokasi ini, lokasi RY – 01 memiliki potensi yang lebih besar untuk mengalirkan air, dibandingkan pada lokasi RY – 02.

Kata Kunci : airtanah, *scanline*, permeabilitas sekunder, *aperture*, *spasi* rekahan

## **I. PENDAHULUAN**

Penambangan tertutup dengan pembuatan terowongan bawah tanah kerap kali menimbulkan masalah besar, yaitu airtanah yang tiba-tiba keluar dari dinding maupun atap terowongan. Airtanah ini merupakan hasil infiltrasi dari air permukaan yang masuk ke dalam terowongan melalui rekahan yang ada pada batuan. Rekahan dalam batuan berpotensi mengalirkan airtanah karena memiliki nilai permeabilitas yang tinggi. Studi hidrogeologi dilakukan untuk menganalisa potensi aliran airtanah dalam media rekahan, berdasarkan nilai permeabilitas sekunder melalui metode *scanline*.

## **II. LOKASI PENELITIAN**

Lokasi Penelitian dilakukan pada tambang bawah permukaan Gunung Pongkor, Ciurug *Central L. 500*, terletak pada koordinat  $106^{\circ}30'01''$  BT sampai dengan  $106^{\circ}35'38,0''$  BT dan  $6^{\circ}36'37''$  LS sampai dengan  $6^{\circ}48'11''$  LS. Lokasi ini dapat ditempuh dengan jarak 100 km dari Kota Bogor ke arah barat (ke arah Provinsi Banten), serta dapat ditempuh dalam waktu 2,5 jam melalui perjalanan darat.

## **III. GEOLOGI REGIONAL**

Daerah penelitian termasuk kedalam Zona Bogor, terletak di sisi timur laut Kubah Bayah, 80 km di barat daya kota Jakarta, yang mempunyai morfologi berbukit-bukit yang memanjang pada arah barat-timur di sekitar kota Bogor, sedangkan pada daerah sebelah timur Purwakarta perbukitan ini membelok ke selatan, membentuk lengkungan di sekitar kota Kadipaten. Perbukitan ini dinamakan antiklinorium dengan

lapisan terlipat kuat berumur Neogen (Van Bemmelen, 1949). Litologi pada daerah Pongkor berupa breksi andesit berwarna abu-abu, memiliki fragmen andesit dalam matrik tufaan, terdapat perselingan batulempung hitam dengan ketebalan lebih dari 15 cm dengan struktur sedimen gelembur gelombang. Breksi Andesit dikorelasikan dengan Formasi Andesit Tua berumur Miosen Awal. Tuf lapili berwarna kecoklatan sampai kehijauan dengan perselingan breksi hitam, yang dapat dikorelasikan dengan Formasi Cimapag berumur Miosen Awal. Batuan terobosan andesit tersingkap di bagian timur dan barat Gunung Pongkor dan di lembah-lembah sungai sekitarnya. Berdasarkan korelasi, batuan terobosan andesit ini diinterpretasikan berumur Miosen Tengah. Breksi vulkanik tersingkap di sebelah tenggara daerah Gunung Pongkor, terbentuk pada akhir tersier, menutup secara tidak selaras di atas batuan Formasi Bojongmanik dan terobosan andesit, yang berumur Pliosen.

Daerah Gunung Pongkor merupakan suatu kaldera volkano-tektonik dengan batuan penyusun bersifat andesitik, telah teralterasi dan terpotong oleh urat kuarsa dan karbonat. Urat yang memotong batuan di daerah tersebut terbentuk akibat rekahan yang terjadi pada saat pembentukan kaldera maupun diakibatkan oleh sesar-sesar berarah NW - SE hingga NNE - SSW yang memotong daerah Gunung Pongkor. Struktur Geologi yang berkembang terdiri dari kekar dan sesar. Sesar dengan arah  $N 190^{\circ} E$  dan  $N 225^{\circ} E$  dengan sudut kemiringan (dip) hampir tegak yang telah terisi oleh

urat kuarsa terutama ditemukan pada lokasi L-500 Pasir Jawa. Sesar yang ditemukan dicirikan oleh adanya pergeseran antara 2-5 m ke arah vertikal pada lapisan batuan lempung. Pola penyebaran kekar memperlihatkan arah umum yang sejajar dengan penyebaran urat *vein* dan bidang perlapisan batuan, yang umumnya terisi urat kuarsa, lempung, oksida mangan, pirit dan limonit.

#### IV. TINJAUAN PUSTAKA

*Fracture aquifer* terdiri atas rekahan yang saling berhubungan pada batuan. *Fracture* dapat dikenali dari bentuk atau dimensi rekahannya, seperti *aperture* (bukaan), panjang, dan kedalamannya, serta lokasi rekahan seperti orientasi, spasi dan dinding bidang rekahan (Ramsay, 1967). Rekahan ini bisa menjadi media suatu batuan untuk mengalirkan air. Jika suatu batuan memiliki permeabilitas primer, maka rekahan batuan ini akan menambah besar nilai permeabilitas batuan tersebut, sehingga disebut permeabilitas sekunder batuan. Sedangkan permeabilitas sekunder merupakan permeabilitas yang terbentuk karena adanya rekahan pada tanah atau batuan (*fracture, joint, fault, mud rock. etc*). Pada sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan, seperti pada batuan beku dan batuan metamorf, sehingga keduanya akan memiliki permeabilitas sekunder yang baik.

Karakteristik rekahan yang digunakan dalam penentuan potensi aliran airtanah di antaranya adalah spasi diskontinu dan kondisi bidang diskontinu. Karakteristik dalam

kondisi bidang diskontinu dapat berupa kemenerusan rekahan (*length*), bukaan rekahan (*aperture*), material pengisi rekahan, dan pelapukan menurut *Departement of Water Resources, State of California (1991)*.

#### V. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penentuan potensi aliran airtanah adalah dengan menggunakan metode *scanline* (Kramadinata, 1996) yang dilakukan pada dua lokasi yang berbeda, yaitu RY – 01 sebanyak sembilan stasiun pengamatan, dan RY – 02 sebanyak enam stasiun pengamatan. *Scanline* digunakan untuk menentukan besarnya permeabilitas sekunder dengan memperhitungkan parameter spasi dan bukaan rekahan (*aperture*).

#### VI. PEMBAHASAN

##### 6.1 Litologi

Litologi pada lokasi penelitian dibedakan atas 2 jenis, yaitu Lapili Tuff dan Intrusi Andesit. Lapili Tuff merupakan litologi yang paling dominan, berwarna abu-abu kehijauan hingga kecoklatan dengan ukuran butir 2-64 mm, tingkat lapukan rendah, termasuk pada Formasi Cimapeg, berumur Miosen Awal. Litologi intrusi Andesit merupakan litologi yang berumur lebih muda, termasuk dalam Formasi Cimapeg dengan umur Miosen Tengah, memiliki kenampakan berwarna kelabu kecoklatan, struktur masif, hipokristalin, *inequigranular*, porfiroafanitik, tingkat lapukan sedang, komposisi tersusun atas gelas kriptokristalin paling dominan, plagioklas sebanyak 35%, hornblende dengan kelimpahan 15%,

piroksen sebanyak 5%, dan mineral opak dengan kelimpahan 2%.

## 6.2 Karakteristik Rekahan

### a. Spasi Diskontinu

Spasi diskontinu merupakan jarak sebenarnya pada dua rekahan yang berdekatan. Sedangkan jarak antar dua rekahan berdekatan, yang diukur di lapangan merupakan jarak semu. Jarak sebenarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Priest (1985), seperti pada persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \alpha_d < 180 & \quad \alpha_n = \alpha_d + 180 \\ \alpha_d > 180 & \quad \alpha_n = \alpha_d - 180 \\ \beta_n & = 90 - \beta_d \\ \cos \theta & = \cos(\alpha_n - \alpha_s) \cos \beta_n \cos \beta_s + \sin \beta_n \sin \beta_s \\ \theta & = \text{Acos } \theta \\ d_{i+i+1} & = J_{i+i+1} \cos\left(\frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}\right) \end{aligned}$$

Dengan :

d = jarak sebenarnya antara dua rekahan (mm)

j = jarak semu antara dua rekahan yang berurutan (mm)

$\theta$  = sudut normal ( $^{\circ}$ )

$\alpha_n$  = arah dip dari garis normal ( $^{\circ}$ )

$\beta_n$  = dip dari garis normal ( $^{\circ}$ )

$\alpha_d$  = arah dip dari rekahan ( $^{\circ}$ )

$\beta_d$  = dip dari rekahan ( $^{\circ}$ )

$\alpha_s$  = arah dip *scanline* ( $^{\circ}$ )

$\beta_s$  = dip dari *scanline* ( $^{\circ}$ )

Besarnya nilai spasi diskontinu pada lokasi penelitian RY - 01 adalah 12.189 cm (121.89 mm), RY - 02 adalah 10.199 cm (101.99 mm). Berdasarkan pemerian spasi diskontinu menurut *ISRM Suggested Method* (1978), maka spasi diskontinu pada kedua lokasi ini adalah termasuk pada golongan **tertutup**, seperti pada Tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1** Pemerian Spasi Rekahan (*ISRM Suggested Method, 1978*)

Spasi Rekahan (mm)	Pemerian
< 20	Ekstrim Tertutup
20 – 60	Sangat Tertutup
60 – 200	Tertutup
200 – 600	Menengah
600 – 2000	Lebar
2000 – 6000	Sangat Lebar
>6000	Ekstrim Lebar

Spasi rekahan pada kedua lokasi masih termasuk spasi dengan jarak yang tertutup, dalam artian masih dalam jarak yang dekat. Semakin tertutup spasi rekahan dan semakin banyak jumlah rekahan yang ada, kemungkinan untuk mengalirkan air akan semakin besar pula, karena kemungkinan akan memiliki konektifitas rekahan yang tinggi. Walaupun demikian, keadaan di mana air mengalir tanpa adanya batasan atau penghalang pada rekahan (material pengisi rekahan) yang dilaluinya menjadi faktor yang penting dalam keterdapatannya airtanah.

### b. Bukaan Rekahan (*Aperture*)

Bukaan rekahan disebut juga dengan pemisahan rekahan. Pemisahan ini merupakan lebar dari celah yang terbuka pada rekahan yang diukur.

Berdasarkan data hasil perhitungan nilai rata-rata *aperture* pada tiap lokasi, lokasi penelitian RY - 01, besar *aperture* yang diukur berkisar antara 0,1 – 0,5 cm. Nilai pemisahan rata-rata sebesar 0.213 cm (2.13 mm), sedangkan pada lokasi penelitian RY - 02, nilai pemisahan rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 0.126 cm (1.26 mm).

Menurut *ISRM Suggested Method* (1978), besarnya nilai

*aperture* rata - rata pada lokasi penelitian RY - 01 dan pada lokasi penelitian RY - 02, maka *aperture* pada kedua lokasi ini adalah termasuk pada golongan ***gapped*** : **terbuka**, seperti pada Tabel 2 berikut ini :

**Tabel 2** Pemerian Pemisahan Rekahan (ISRM Suggested Method)

Pemisahan	Deskripsi	Istilah
< 0,1 mm	Sangat Tertutup	Closed
0.1 – 0.25 mm	Ketat	
0,25 – 0,5 mm	Sebagian Tertutup	
0,5 – 2,5 mm	Terbuka	Gapped
2,5 – 10 mm	Sangat Terbuka	
>10 mm	Lebar	
1,0 – 10,0 cm	Sangat Lebar	Open
10,0 – 100 cm	Ekstrim Lebar	
> 100 cm	Terbuka	

Besar kecilnya nilai *aperture* akan mempengaruhi kemungkinan untuk dapat mengalirkan air. Hal ini berkaitan erat dengan besarnya permeabilitas sekunder. Rekahan dengan nilai *aperture* yang tinggi akan memperbesar nilai permeabilitas sekunder dari suatu batuan. Semakin lebar *aperture*-nya, maka akan semakin tinggi pula nilai permeabilitas sekundernya. *Aperture* dengan permeabilitas sekunder (Ks) memiliki hubungan berbanding lurus, yang dinyatakan oleh Snow (1968). Dengan nilai permeabilitas sekunder yang tinggi, maka kemungkinan untuk mengalirkan air akan semakin besar pula.

### c. Material Pengisi

Material pengisi berpengaruh kuat terhadap aliran airtanah, di mana material pengisi yang bersifat *impermeable* atau kedap air memiliki sifat tidak mampu untuk mengalirkan air. Airtanah yang akan mengalir ke permukaan, tertahan oleh mineral yang kedap air, sehingga airtanah tidak dapat mengalir ke permukaan

batuan dalam terowongan. Umumnya material pengisi pada lokasi RY - 01 berupa mineral kuarsa dengan keadaan terisi sebagian. Sedangkan untuk lokasi RY - 02, umumnya material pengisi berupa kuarsa dengan keadaan terisi penuh.

### 6.3 Permeabilitas Sekunder (ks)

Permeabilitas sekunder (ks) merupakan kemampuan batuan untuk mengalirkan batuan melalui media rekahan pada batuan atau tanah (Snow, 1968). Permeabilitas sekunder pada rekahan bergantung pada besarnya spasi rekahan dan bukaan rekahan (*aperture*) yang diukur langsung pada saat pengambilan data di lapangan. Walaupun demikian, faktor jenis litologi juga berpengaruh pada besar kecilnya permeabilitas sekunder. Setiap litologi yang diukur keterdapatan rekahnya memiliki berat jenis yang berbeda. Permeabilitas sekunder dengan nilai yang besar akan dapat mengalirkan air dengan baik. Semakin besar nilai permeabilitas sekunder dari suatu batuan, maka akan semakin besar kemungkinan untuk mengalirkan air.

Berdasarkan Laubach (1992), rekahan pada lokasi penelitian adalah termasuk *blind fracture*, dimana kesuluran rekahan pada lokasi ini sebagian memiliki rekahan yang saling terkoneksi, namun sebagian lagi memiliki konektivitas yang terbatas. Hal ini dibuktikan pada lokasi penelitian RY - 02, hasil perhitungan permeabilitas sekunder tertinggi, tidak ditemukannya aliran air, sedangkan pada lokasi penelitian RY - 01, titik lokasi pengukuran rekahan dengan hasil perhitungan permeabilitas sekunder paling tinggi,

menunjukkan adanya aliran air, walaupun dengan debit yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa, konektifitas rekahan pada RY – 01 merupakan konektifitas rekahan yang tidak terbatas, sedangkan untuk RY – 02, rekahan yang ada termasuk pada rekahan dengan konektifitas yang terbatas.

Menurut Baumle (2003), kondisi batuan pada lokasi penelitian yang berupa batuan beku dengan intensitas rekahan yang sangat banyak, maka termasuk pada *double porosity media*, dimana batuan pada lokasi penelitian memiliki rekahan yang baik sehingga memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan air.

Perhitungan nilai permeabilitas sekunder, digunakan persamaan Snow (1968) :

- 
- $K_s$  = permeabilitas sekunder tanah (m/detik)
  - $\gamma_s$  = berat jenis batuan ( $m/sec^2$ )
  - $\mu$  = viskositas fluida (cm/sec)
  - $2d$  = bukaan dari rekahan (m)
  - $s$  = spasi rekahan (m)

Hasil perhitungan  $K_s$  pada masing-masing lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut ini :

**Tabel 3 Hasil Perhitungan Permeabilitas Sekunder ( $K_s$ ) Rata – rata Pada Lokasi Penelitian RY – 01, Ciurug Central**

Lokasi	s (m)	d (m)	$\gamma_s$ ( $m/s^2$ )	$K_s$ (m/s)
STA 1	0.120	0.003	2.55	$9.7 \times 10^{-5}$
STA 2	0.079	0.003	2.55	$2.4 \times 10^{-4}$
STA 3	0.116	0.005	2.55	$2.6 \times 10^{-3}$
STA 4	0.234	0.001	2.55	$7.4 \times 10^{-6}$

STA 5	0.075	0.002	2.68	$8.1 \times 10^{-5}$
STA 6	0.060	0.002	2.68	$1.6 \times 10^{-4}$
STA 7	0.204	0.001	2.68	$6.9 \times 10^{-6}$
STA 8	0.200	0.001	2.68	$5.8 \times 10^{-6}$
STA 9	0.140	0.002	2.68	$3.3 \times 10^{-5}$
Rata - Rata				$3.6 \times 10^{-4}$

**Tabel 4 Hasil Perhitungan Permeabilitas Sekunder ( $K_s$ ) Rata – rata Pada Lokasi Penelitian RY – 02, Ciurug Central**

Lokasi	s (m)	d (m)	$\gamma_s$ ( $m/s^2$ )	$K_s$ (m/s)
STA 1	0.070	0.001	2.55	$4.5 \times 10^{-6}$
STA 2	0.173	0.001	2.55	$5.2 \times 10^{-6}$
STA 3	0.141	0.001	2.55	$1.0 \times 10^{-5}$
STA 4	0.067	0.001	2.66	$4.4 \times 10^{-5}$
STA 5	0.141	0.001	2.68	$9.8 \times 10^{-6}$
STA 6	0.100	0.001	2.68	$6.4 \times 10^{-6}$
Rata - rata				$1.3 \times 10^{-5}$

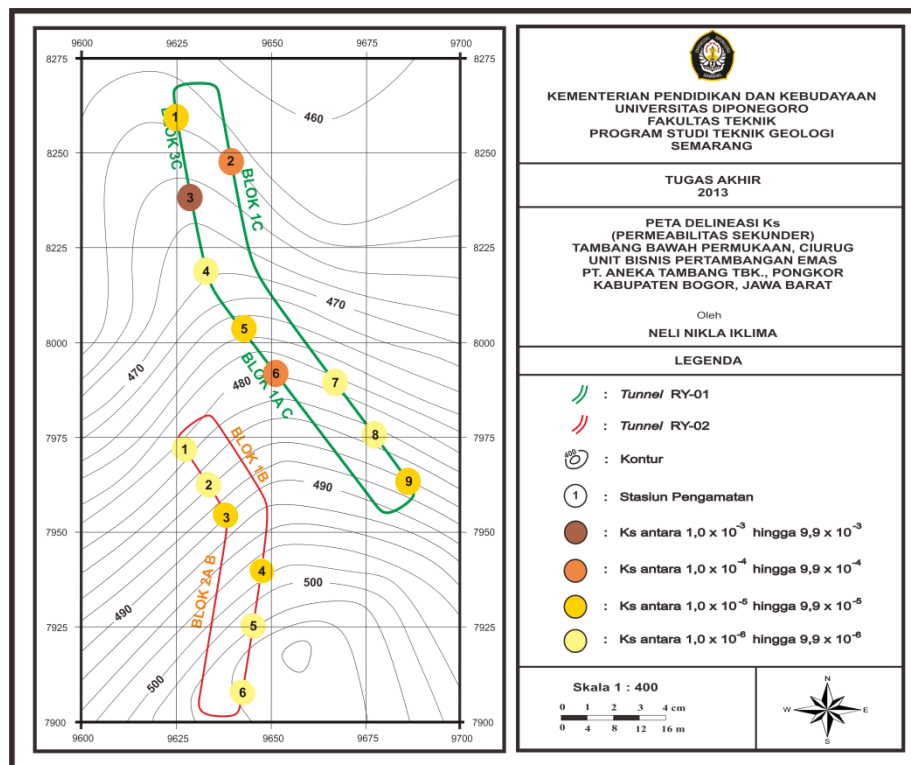
Pada lokasi RY - 01, ditemukan stasiun pengamatan dengan kondisi batuan yang teraliri air. Stasiun pengamatan ini adalah stasiun pengamatan ke-3 dan stasiun pengamatan ke-6. Untuk stasiun pengamatan 3, debit aliran rata – rata adalah sebesar 5.19 ml/s. Sedangkan untuk stasiun pengamatan 6, debit aliran rata – rata adalah sebesar 6.54 ml/s. Kondisi batuan yang teraliri oleh airtanah ini dapat dihitung debit aliran airtanahnya untuk dapat ditentukan kemungkinan terjadinya banjir. Menurut klasifikasi Freeze dan Cherry (1978): dalam Patrick A. Domenico (1990), seperti pada Tabel 5, debit aliran pada stasiun pengamatan ini termasuk pada klasifikasi **very low**, atau sangat rendah kemungkinan untuk dapat menyebabkan banjir pada terowongan.

**Tabel 5 Klasifikasi Aliran Airtanah Pada Terowongan Bawah Permukaan (Freeze dan Cherry (1979); dalam Patrick A. Domenico, 1990)**

Flow Rate	Classification
< 100 gpm	very low
100 – 500 gpm	low
500 – 1500 gpm	moderate
> 1500 gpm	heavy

Lokasi penelitian yang ditemukan aliran air, kemungkinan memiliki nilai  $K_s$  yang tinggi. Dengan nilai  $K_s$  yang tinggi, maka potensi untuk mengalirkan airtanah akan lebih besar. Untuk nilai  $K_s$

tertinggi terdapat pada stasiun pengamatan 3 yaitu dengan nilai  $K_s$  sebesar  $2.6 \times 10^{-3}$  m/s. Nilai  $K_s$  ini adalah nilai  $K_s$  tertinggi pada lokasi penelitian RY - 01. Sedangkan untuk nilai permeabilitas sekunder terendah adalah  $7.4 \times 10^{-6}$  m/s. Untuk RY – 02, tidak adanya lokasi dengan keadaan mengalirkan air. Lokasi ini memiliki nilai permeabilitas sekunder yang lebih kecil, yaitu berkisar antara  $10^{-5}$  dan  $10^{-6}$ . Berikut ini adalah peta sebaran nilai permeabilitas sekunder ( $K_s$ ) pada masing-masing lokasi, dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1 Peta Delineasi Permeabilitas Sekunder, Pada Tambang Bawah Permukaan, Ciurug Central (Skala Peta Diperkecil)**

Pada lokasi RY – 02, STA 3 merupakan lokasi pengamatan dengan hasil perhitungan  $K_s$  tertinggi. Walaupun demikian, pada STA ini tidak ditemukannya adanya

aliran air pada dinding terowongan. Kondisi batuan yang ada pada STA ini termasuk klasifikasi basah. Tidak adanya aliran airtanah disebabkan oleh faktor lain seperti karakteristik



rekahan, yaitu konektifitas rekahan. Konektifitas rekahan pada STA ini memiliki nilai yang lebih kecil dibanding dengan konektifitas rekahan pada lokasi penelitian RY - 01 yang teraliri oleh air, sehingga kemampuan untuk mengalirkan air lebih kecil. Selain itu, faktor isian rekahan juga berpengaruh pada kemampuan untuk mengalirkan air. Material isian rekahan berupa mineral kuarsa bersifat *impermeable* akan menghambat jalannya aliran air. Pada STA 3 ini, rekahan-rekahan yang ditemukan, banyak yang terisi oleh material pengisi berupa mineral kuarsa. Inilah yang menyebabkan pada lokasi ini tidak ditemukan adanya aliran airtanah, walaupun memiliki nilai permeabilitas sekunder yang paling tinggi dari seluruh data permeabilitas sekunder pada lokasi pengamatan RY - 02.

#### 6.4 Arah Aliran Airtanah Berdasarkan Kontur MAT (Muka Airtanah)

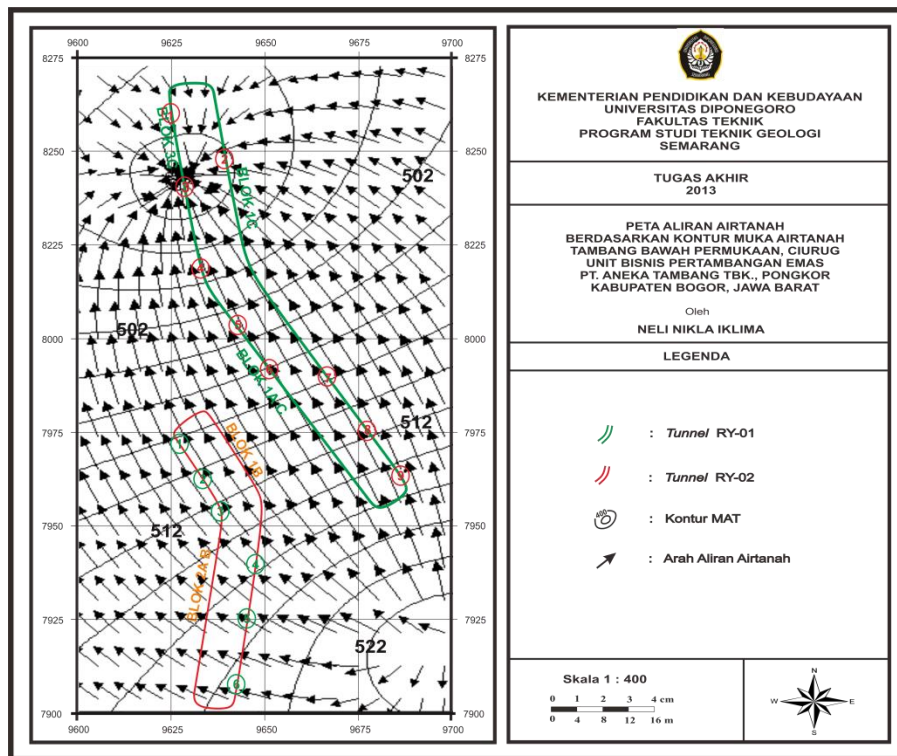
Kontur MAT (Muka Air Tanah) dibuat berdasarkan koordinat (x, y, dan elevasi) dari tiap titik ditemukannya aliran air, sumber air, ataupun daerah banjir yang ditemukan pada lokasi penelitian RY - 01 dan RY - 02. Lokasi-lokasi pengambilan data dari dinding dilakukan pada elevasi yang berbeda-beda. Dinding terowongan yang teraliri oleh air, seperti daerah yang merupakan sumber banjir perlu adanya pemasangan pompa untuk mengurangi volume air. Tabel 6 berikut ini merupakan data mataair yang terdapat pada lokasi penelitian RY - 01 dan RY - 02, pengukuran terakhir pada tanggal 12 Maret 2013.

**Tabel 6 Data Muka Airtanah Lokasi Penelitian RY - 01 dan RY - 02**

Lokasi	No	Koordinat			Keterangan
		X	Y	Elevasi	
RY - 01	1	9730	8090	463.23	Muka airtanah pemompaan
	2	9730	8075	465.69	Muka airtanah pemompaan
	3	9750	8095	466.72	Mata air
	4	9785	8070	467.26	Mata air
	5	9770	8065	468.3	Mata air
	6	9765	8040	469.1	Mata air
	7	9632	8318	491.99	Mata air
RY - 02	8	9650	8312	492.17	Mata air
	9	9650	8290	493.11	Muka airtanah pemompaan
	10	9630	8283	493.82	Mata air

Peta kontur MAT dibuat untuk mengetahui arah aliran dominan dalam keseluruhan terowongan. Peta kontur MAT di bawah ini menunjukkan adanya arah aliran yang dominan ke arah bagian atas pada bagian kiri dari daerah penelitian. Pada peta ini terlihat akumulasi dari arah aliran alir yang mengalir pada terowongan lokasi penelitian RY- 01 yang ditandai dengan warna hijau. Arah aliran air menuju ke lokasi penelitian RY 01, dibuktikan dengan adanya akumulasi arah aliran airtanah berdasarkan kontur muka airtanah, yaitu terpusat pada STA 3. Pada STA 3 merupakan stasiun pengamatan dengan nilai permeabilitas tertinggi. Nilai permeabilitas sekunder tertinggi ini menunjukkan bahwa pada daerah ini memiliki potensi untuk mengalirkan air dengan baik.

Berikut ini adalah peta arah aliran airtanah berdasarkan kontur muka airtanah pada lokasi penelitian, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta Aliran Airtanah Berdasarkan Kontur Muka Airtanah, Pada Tambang Bawah Permukaan, Ciurug Central (Skala Peta Diperkecil)

### 6.5 Potensi Aliran Airtanah Berdasarkan Nilai Permeabilitas Sekunder (Ks)

Menurut Singh (1966), besar kecilnya nilai permeabilitas sekunder dapat dijadikan dasar untuk penggolongan potensi aliran airtanah. Potensi aliran airtanah yang didasarkan pada nilai permeabilitas sekunder, yaitu nilai permeabilitas paling tinggi merupakan daerah dengan potensi paling tinggi.

Potensi aliran airtanah dibedakan menjadi 4, yaitu potensi aliran airtanah tinggi, cukup tinggi, sedang, dan rendah. Penggolongan potensi aliran airtanah berdasarkan klasifikasi Singh (1966) sesuai dengan besarnya nilai permeabilitas sekunder, dapat dilihat pada pada Tabel 7 berikut ini :

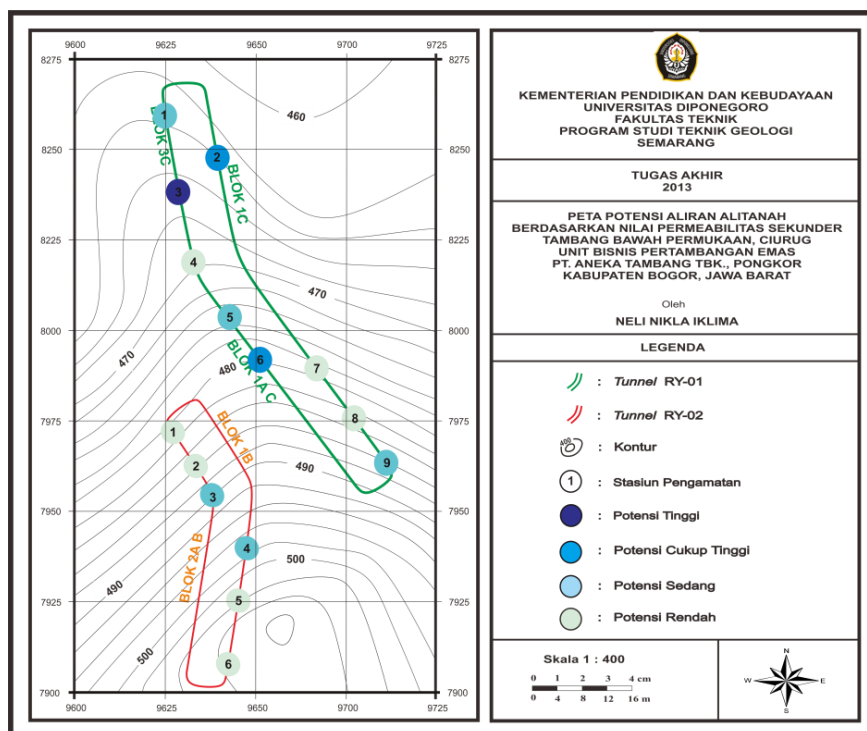
Tabel 7 Klasifikasi Potensi Aliran Airtanah Berdasarkan Nilai Permeabilitas Sekunder Menurut Singh (1966)

Klasifikasi	K (m/s)	Batuan utuh	Batuan terkekarkan
Impermeable	$10^{-12}$	Slate	
	$10^{-11}$	Dolomit	
	$10^{-10}$	Granit	
	$10^{-9}$	Batugamping dan batupasir	
	$10^{-8}$	Batugamping dan batupasir	Terisi Lempung
Low Discharge	$10^{-7}$		rekahan
Poor	$10^{-6}$		
Drainage	$10^{-5}$		
High Discharge	$10^{-4}$		Batuan terekahkan
Free Discharge	$10^{-3}$		
	$10^{-2}$		Batuan dengan rekahan terbuka
	$10^{-1}$		Batuan dengan rekahan terbuka kuat

Data hasil pengolahan data pada lokasi penelitian RY – 01 dan RY – 02, didapatkan nilai rata-rata tertinggi yaitu  $2.6 \times 10^{-3}$  m/s yang terdapat pada STA 3. Hal ini menunjukkan bahwa STA 3 ini merupakan stasiun pengamatan dengan potensi aliran airtanah yang paling tinggi, dibuktikan dengan adanya aliran airtanah yang mengalir pada rekahnya, walaupun dengan debit yang sangat kecil. Aliran airtanah yang paling tinggi, dibuktikan dengan adanya aliran airtanah yang mengalir pada rekannya, walaupun dengan debit

yang sangat kecil. Aliran airtanah yang mengalir melewati rekahan-rekahan pada STA 3 ini merupakan akumulasi airtanah yang mengalir menuju lokasi dengan nilai permeabilitas tertinggi. Akumulasi dari aliran airtanah yang mengalir menuju STA 3 dapat tergambarkan pada peta kontur MAT yang telah dibuat sebelumnya.

Berikut ini adalah peta potensi aliran airtanah berdasarkan nilai permeabilitas sekunder, pada lokasi penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta potensi Aliran Airtanah Berdasarkan Nilai Permeabilitas Sekunder, Pada Tambang Bawah Permukaan, Ciurug Central (Skala Peta Diperkecil)

### 6.6 Perbedaan Hasil Data Pada Lokasi Penelitian RY - 01 dan RY - 02

Tabel 8 berikut ini adalah tabel perbandingan hasil pengolahan data

karakteristik rekahan, nilai permeabilitas, dan potensi aliran airtanah pada lokasi penelitian RY – 01 dan RY – 02, dapat dilihat seperti berikut ini :

**Tabel 8 Perbedaan Hasil Pengolahan Data Scanline Pada Lokasi Penelitian RY – 01 dan RY – 02**

Parameter	RY – 01	RY – 02
Spasi Diskontinu	121.189 mm (tertutup)	10.199 mm (menengah)
Kemenerusan Rekahan ( <i>Lenght</i> )	0.578 m (presistensi rendah)	0.521 m (presistensi rendah)
Bukaan Rekahan ( <i>Aperture</i> )	2.213 mm ( <i>gapped</i> , terbuka)	1.26 mm ( <i>gapped</i> , terbuka)
Material Pengisi	kuarsa, dominan terisi sebagian	kuarsa, dominan terisi penuh
Bentuk dan Kekasaran	bentuk <i>planar</i> : <i>smooth</i>	bentuk <i>undulated</i> : <i>rough</i>
Tingkat Pelapukan	sedikit lapuk	sedikit lapuk
Kondisi airtanah pada batuan	basah, mengalir	basah
Permeabilitas sekunder	$3.6 \times 10^{-4}$ m/s	$1.3 \times 10^{-5}$ m/s
Debit air	25.83 ml/s dan 10.21 ml/s	-
Potensi aliran airtanah	potensi tinggi, cukup tinggi, sedang, dan rendah	potensi sedang dan rendah

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 6.1 Kesimpulan

a. Lokasi penelitian RY – 01 memiliki karakteristik rekahan yang memiliki kemampuan lebih besar untuk mengalirkan air dibandingkan dengan lokasi penelitian RY – 01, disebabkan oleh spasi rata-rata pada lokasi ini adalah lebih besar (121.89 mm > 101.99 mm), bukaan rekahan yang lebih lebar (2.13 mm > 1.26 mm), serta rekahan yang mayoritas terisi sebagian dari mineral kuarsa yang bersifat *impermeable*.

b. Lokasi penelitian RY – 01 memiliki potensi yang lebih besar daripada lokasi penelitian RY – 02, karena memiliki nilai permeabilitas yang lebih tinggi yaitu berkisar pada  $10^{-3}$ , serta merupakan akumulasi dari aliran airtanah berdasarkan nilai kontur muka airtanah (MAT).

##### 6.2 Saran

Untuk lokasi dengan nilai permeabilitas sekunder besar, perlu dilakukan sementasi terhadap dinding terowongan, agar airtanah yang mengalir melalui rekahan dapat terhambat dengan semen yang bersifat *impermeable*. Rekahan mungkin saja menjadi semakin lebar dengan adanya aktifitas geoteknik seperti *blasting* dan pemasangan *rockbolt* sehingga akan memperbesar nilai permeabilitas sekunder yang menyebabkan semakin tingginya resiko keluarnya airtanah dari dinding terowongan.

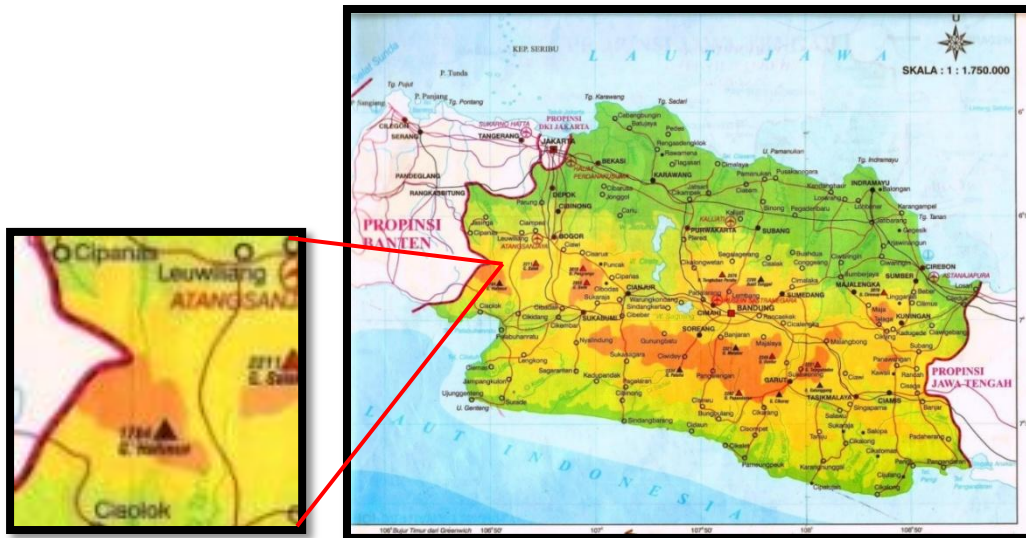
#### V. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Yosep Purnama selaku kepala Departemen *Quality Control* dan Geoteknik Unit Bisnis Pertambangan Emas yang telah membimbing dalam pelaksanaan tugas akhir di lapangan, beserta stafnya yang bersedia menemani saat pengambilan data di lapangan. Tak lupa penulis sampaikan terimakasih pula kepada dosen pembimbing Bapak Henarno Pudjihardjo dan Bapak Dian Agus Widiarso atas bimbingan, masukan, kritikan, saran, dan rekomendasi selama pengolahan data penyusunan hasil tugas akhir di kampus Geologi Universitas Diponegoro.

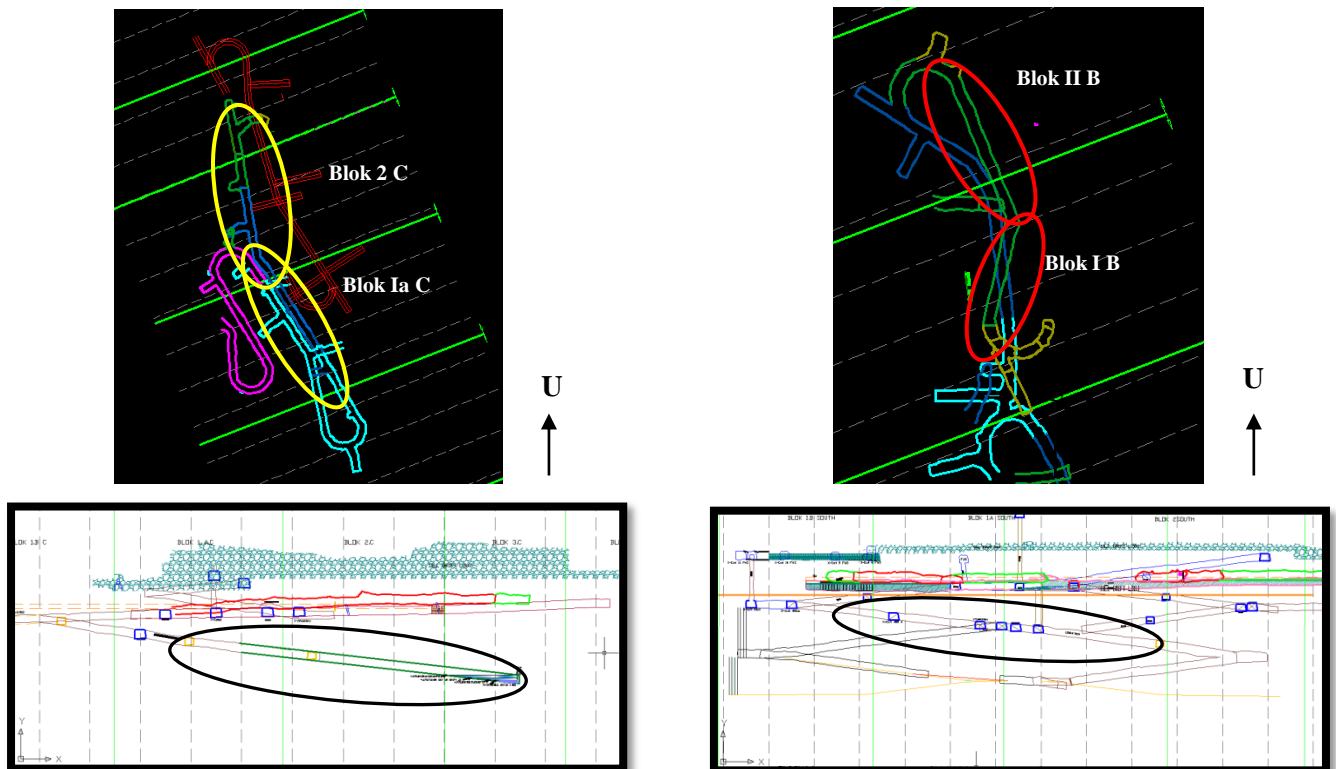
## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Baumle, Roland. 2003. *Geohydraulic Characterisations of Fractured Rock Flow Regime*. Karlsruhe : Northern Namibia
- Bemmelen, Van, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia Vol. IA*. The Hague : Netherland
- Departemen of Water Resources. 1991. *Characteristic of Grandwater in Hardrock, Fractured Aquifer Type*. Departemen of Water Resources : States of California
- Domenico, A, Patrick. 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. Hamilton Printing Company : United States of America
- ISRM Sugessted Methode, Propex Kramadibrata. 1996. *The Influence of Rock Mass and Intact Rock Properties on The Design of Surface Mines with Particular Reference to The Excavatability of Rock*. Ph. D Thesis, Curtin University of Technology : Canada
- Marchoux, E. & J.P. Milesi. 1994. *Epithermal Gold Deposit in West Java, Indonesia : Geology Age and Crustal Source*. Ser. Paleont : Bandung
- Priest, S.D., dan Hudson, J. 1976. *Discontinuity Spacing in Rock*. Pergamon Press: Great Britain
- PT. Aneka Tambang, Tbk., 2003. Laporan Kegiatan Survey Bahan Galian Golongan A Untuk Logam Mulia dan Logam Dasar Di Daerah Jembar Selatan.Jawa Timur. Unit Geomin, Jakarta.
- Ramsay, G. John. 1967. *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill Book Company : San Francisco, New York
- Singh. 1990. *Handbook of Groundwater Resource*. Hamilton Printing Company : United States of America
- Snow, 1968. *Rock Mass Strenght*. Departemen of Civil Engineering Division of Rock Mechanics, Luella University of Tecnology.

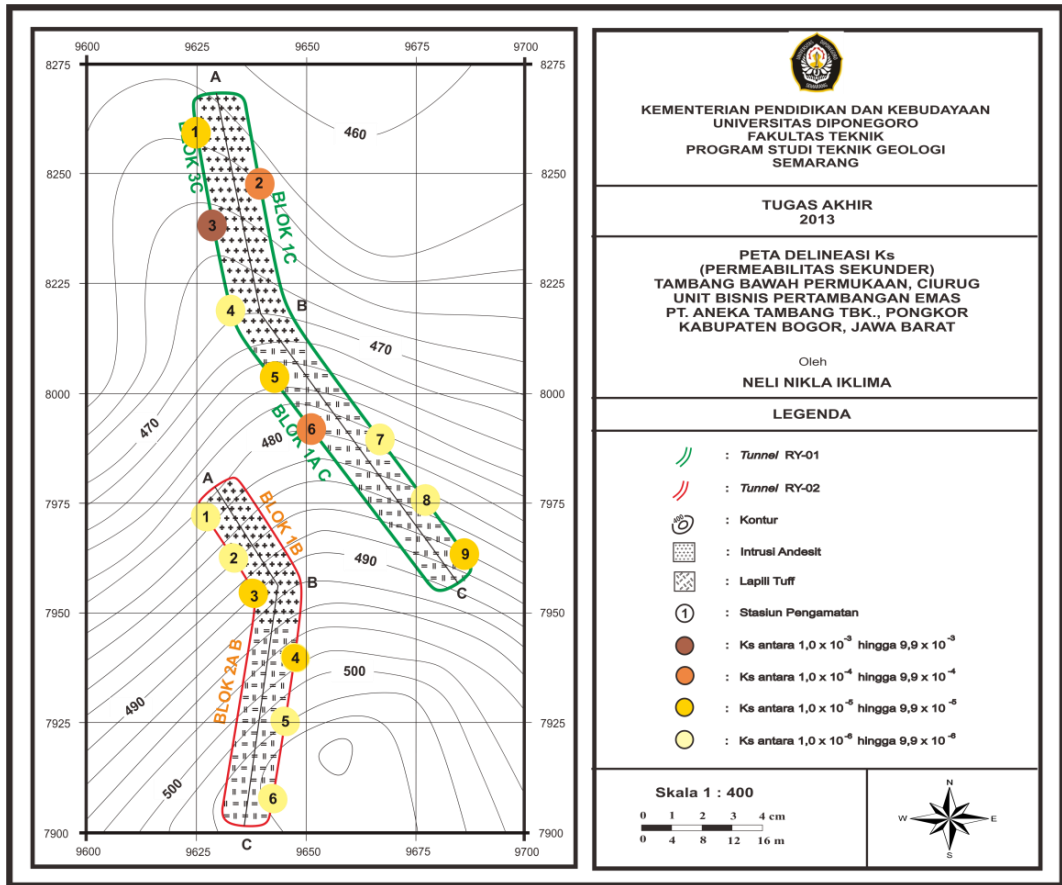
## LAMPIRAN



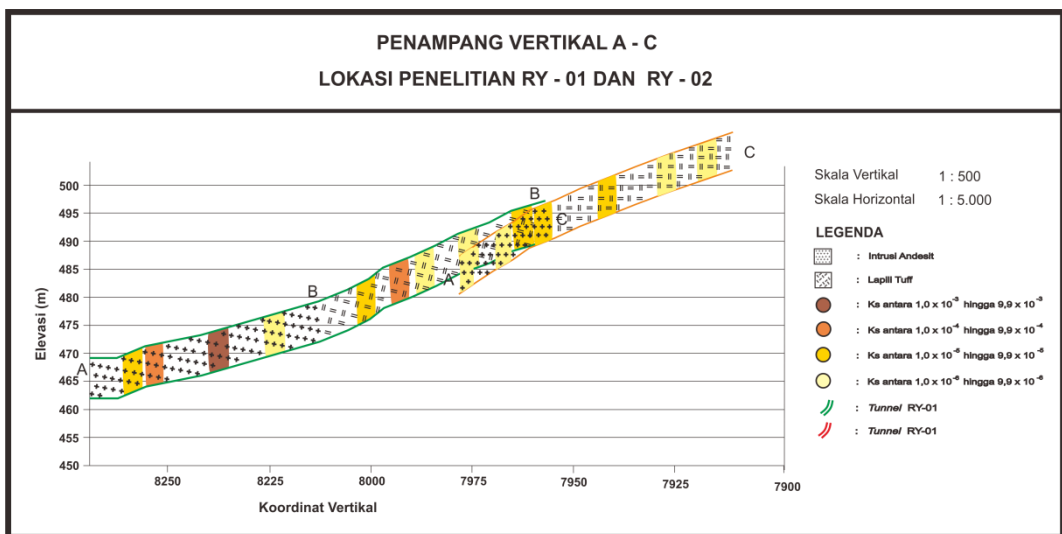
Lokasi Penelitian Tambang Emas Gunung Pongkor, Unit Bisnis Pertambangan Emas, PT Aneka Tambang Tbk, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat



Gambar 12. Lokasi Penelitian RY – 01 (Kiri) dan RY – 02 (Kanan) Pada Peta Situasi Tambang Bawah Permukaan, Ciurug Central L. 500 (Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor, PT. Aneka Tambang, Tbk., 2013)



**Peta Overlay Delineasi K<sub>s</sub> dan Litologi, Tambang Bawah Permukaan,  
 Unis Bisnis Pertambangan Emas, PT. Aneka Tambang Tbk., Bogor, Jawa Barat**



**Penampang Vertikal A-C, Lokasi Penelitian RY – 01 dan RY - 02, Tambang Bawah Permukaan  
 Ciurug Central L. 500**