

REHABILITASI LAHAN PASCATAMBANG DI KUARI BATUGAMPING CITEUREUP, KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

Achmad Subardja¹, Nyoman Sumawijaya¹, Razhista Noviardi², Prahara Iqbal³

¹Pusat Penelitian Geoteknologi, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
E-mail : geocon_boy@yahoo.com

²UPT Loka Uji Penambangan Jampang Kulon

³UPT Loka Uji Penambangan Liwa, Lampung Barat

Abstrak

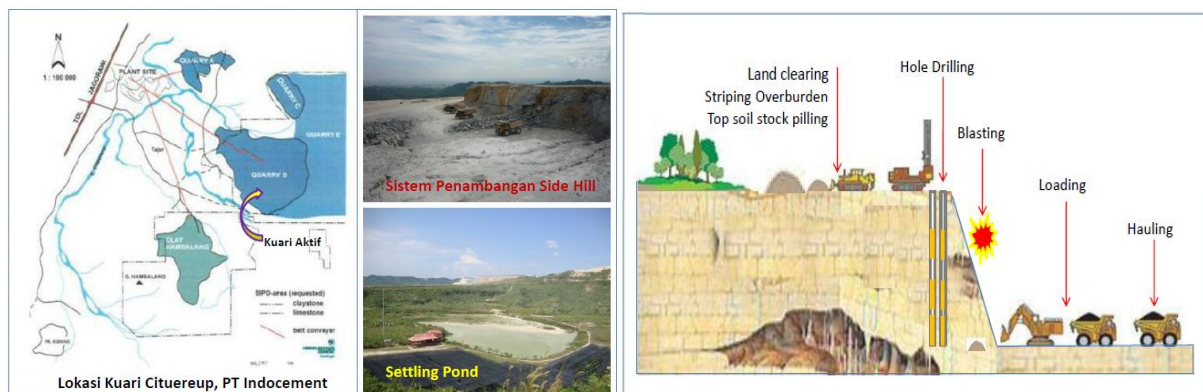
Masalah utama yang timbul akibat kegiatan penambangan adalah hilangnya vegetasi dan tanah penutup serta terjadinya perubahan morfologi dan topografi (*engineering impact*), yang akan diikuti dengan perubahan karakteristik tanah maupun batuan (*cascading impact*). Penambangan batugamping di Citeureup dilakukan dengan memotong bukit (*open cut*), yang menyebabkan bukit menjadi lebih landai serta menyisakan batugamping yang relatif masif dan rekahan yang sangat sedikit. Kondisi tanah pada sebagian lahan revegetasi pascatambang di Kuari Citeureup ditandai dengan kecilnya kemampuan resapan air dan kurangnya kandungan unsur hara. Terjadinya pepadatan dalam penimbunan top soil pada reklamasi lahan pascatambang dan tertutupnya rekahan (*porositas sekunder*) batugamping pada lantai tambang oleh partikel batuan dan debu, akan menghambat infiltrasi. Untuk menganalisis kemungkinan mengembalikan lahan pascatambang seperti atau mendekati kondisi awal, dilakukan pendataan geologi dan litologi batugamping dan tanah, pengambilan conto, analisis core pemboran inti, uji infiltrasi, karakteristik hidrologi, curah hujan, analisis sifat fisik dan kimia air dan tanah. Beberapa upaya untuk mengelola lahan pascatambang difokuskan untuk memperbaiki siklus hidrologi dan mempersiapkan lahan revegetasi yang sesuai sebagai media tanam. Mempertahankan porositas tanah dengan cara penimbunan yang baik dan peningkatan kesuburan merupakan faktor keberhasilan revegetasi. Demikian pula dengan pembuatan rekahan buatan pada lantai tambang pascatambang dengan *soft balsting* yang diperkuat dengan sistem perakaran tanaman, diharapkan terjadinya proses pelarutan (*karstification*) yang akan memperbesar porositas batugamping dan kapasitas infiltrasi tanah, sehingga akan meningkatkan kapasitas simpan batugamping sebagai reservoir airtanah.

Kata kunci : kuari, airtanah, tanah, batugamping, infiltrasi, pascatambang, rekahan buatan

PENDAHULUAN

Komoditi pertambangan mempunyai karakteristik *non-renewable* (tidak dapat diperbaharui), sehingga penggunaan lahan untuk pertambangan mempunyai jangka waktu terbatas, sesuai dengan potensi cadangannya. Ciri lain kegiatan pertambangan adalah mempunyai dampak lingkungan baik fisik maupun sosial yang relatif lebih tinggi. Sebagai konsekuensinya, maka lahan pascatambang harus secepatnya direhabilitasi, tidak harus menunggu penutupan tambang (*mine closure*), agar bisa dimanfaatkan sesuai dengan perencanaan awal.

Diperkirakan lebih dari 2/3 kegiatan eksploitasi bahan tambang di dunia dilakukan dengan pertambangan terbuka yang biasanya dilakukan dengan *open cast mining*, *strip mining*, *open-pit mining* dan *quarrying*, tergantung pada posisi dan bentuk geometris cadangan serta jenis komoditinya. Dampak kegiatan penambangan terbuka antara lain menghilangkan morfologi perbukitan, tanah pucuk dan vegetasi penutup, membentuk lereng-lereng yang terjal, yang rentan terhadap longsoran serta mengubah sistem hidrologi dan kesuburan tanah. Menurut Langer (2001) kegiatan penambangan dapat memicu timbulnya permasalahan degradasi lingkungan yang berawal dari hilangnya tutupan vegetasi dan perubahan topografi (*engineering impact*) yang umumnya diikuti dengan dampak negatif menurunnya kemampuan peresapan air dan tingginya tingkat erosi (*cascading impact*), akan bermuara terhadap degradasi kesuburan tanah dan sistem hidrologi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Situasi Penambangan Batugamping Kuari D, Citeureup

Sebelum dilakukan penambangan, batugamping bagian atas mempunyai rekahan yang intensif akibat dari proses karstifikasi, menjadikan zona ini mempunyai porositas (sekunder) yang mengalirkan air yang meresap dari tanah di atasnya, kemudian mengalir ke gua bawah tanah melalui rekahan yang terbentuk dibawah (*bedrock*). Air mengalir sebagai sungai bawah tanah, yang secara alami keluar ke permukaan sebagai mata air. Kondisi kawasan kars pascatambang ditandai dengan adanya perubahan morfologi, hilangnya vegetasi dan tanah pucuk, serta hilangnya batugamping permukaan yang mempunyai porositas besar, yang sebelumnya terisi air. Hal ini menyebabkan berkurangnya aliran air vertikal yang berdampak kepada penurunan muka airtanah, yang ditenggarai dengan berkurangnya debit mata air, bahkan menghilangnya sebagian mata air dibagian bawah perbukitan.

Kegiatan penelitian ini difokuskan terhadap penanganan lahan pascatambang, terutama dalam restorasi, remediasi, serta revegetasi lahan, dilihat dari sifat fisik dan kimia tanah serta dampaknya terhadap hidrolika batugamping. Optimalisasi sistem penimbunan tanah pucuk untuk menghindari pemadatan serta upaya pembuatan rekahan buatan (*artificial crack*) pada lantai pascatambang dan revegetasi dengan tanaman dengan perakaran yang kuat, diharapkan mampu untuk meningkatkan dayadukung lahan pascatambang.

Secara administratif daerah Citeureup merupakan bagian dari wilayah Kabupaten Bogor, Propinsi Jawa Barat. Dari Bandung, Kecamatan Citeureup, dimana terletak pabrik PT Indocement Tunggal Prakarsa, dapat dicapai melalui jalantol Jagorawi melalui pintu keluar tol Gunung Putri, kurang lebih 1,5 km dari pintu tol Gunung Putri. Sedangkan lokasi penelitian adalah di penambangan batugamping Kuari Citeureup (Kuari D), kurang lebih 4,5 km dari lokasi pabrik, dan hanya boleh dilalui dengan kendaraan proyek atau kendaraan penggerak empat roda.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan strategi rehabilitasi dayadukung lingkungan pascatambang yang berkelanjutan, melalui optimalisasi kegiatan restorasi dan remediasi tanah timbun serta meningkatkan resapan air pada lahan revegetasi dan kapasitas daya tampung air pada batugamping pascatambang.

METODOLOGI

Kerangka Pemikiran

Masalah utama yang timbul akibat kegiatan penambangan batugamping adalah hilangnya vegetasi, tanah penutup serta terjadinya perubahan morfologi dan topografi yang juga mengakibatkan hilangnya bagian atas batugamping yang mempunyai porositas tinggi. Perubahan kondisi ini akan diikuti dengan perubahan karakteristik tanah maupun batuan pascatambang. Terjadinya pemadatan dalam penimbunan tanah pucuk pada rehabilitasi lahan pascatambang dan tertutupnya rekahan (porositas sekunder) batugamping pada lantai tambang oleh partikel batuan, debu dan beban alat berat, akan menghambat infiltrasi baik pada tanah maupun pada batugamping lantai tambang.

Penelitian dilakukan dalam rangka mengumpulkan informasi yang cukup sehingga memungkinkan dilakukan penilaian terhadap rencana dan kegiatan rehabilitasi lahan pascatambang. Untuk optimalisasi rehabilitasi lahan pascatambang mendekati kondisi awal, dilakukan serangkaian kegiatan, antara lain studi literatur serta survei pendataan geologi, litologi batugamping dan tanah, pengambilan conto, analisis pemboran inti, uji infiltrasi, karakteristik hidrologi, dan analisis laboratorium parameter bio-fisik-kimia sifat fisik tanah dan air.

Metoda Pengumpulan Data

Secara rinci kegiatan yang dilakukan adalah:

- Melakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi terkait dengan karakter batugamping serta lahan kars, dampak penambangan pada lahan kars, serta data iklim (curah hujan, temperatur, kelembaban).
- Melakukan survey Lapangan, yang meliputi : pengamatan litologi dan struktur dari singkapan maupun pemboran inti ; pengambilan, conto tanah, air, dan batuan ; pengukuran laju infiltrasi tanah (*double ring infiltration test*) dan debit mata air.
- Melakukan pekerjaan studio dan analisis laboratorium yang meliputi : analisis zona perkembangan kekar dengan analisis RQD (Rock Quality Designation) pada inti pemboran ; serta analisis laboratorium terhadap parameter bio-fisik-kimia tanah dan air.

HASIL

Kondisi Geologi

Pendataan kondisi geologi Kuari D Citeureup dilakukan melalui pengamatan, deskripsi, dan interpretasigeomofologi (bentang alam) serta kondisi singkapan di lapangan; deskripsi dan interpretasi batuan inti (*core*) pada sebelas lubang bor hingga kedalaman \pm 180 meter.

- **Morfologi**
Berdasarkan analisis peta topografi, serta kenampakan di lapangan, maka bentang alam daerah penelitian lokasi penambangan berada dikelompokkan sebagai tipe *Kegel Karst* dan *Cokepit*, yakni perbukitan karst yang memanjang dan menyatu satu sama lain serta diantaranya terdapat lembah.
- **Jenis Batuan**
Dari hasil pengamatan di lapangan, maka daerah penelitian tersusun oleh beberapa jenis batuan yang dapat dikelompokkan menjadi beberapa satuan batuan tidak resmi, yaitu:
 - **Boundstone** : warna hitam-kuning, warna segar abu-abu terang, di beberapa kondisi batuan basah, banyak rekahan akibat pelarutan, batuan *fresh* sampai tingkat pelapukan ringan, ketebalan 30 cm–3 meter,
 - **Packstone** : warna coklat-hitam, warna segar putih kekuningan, di beberapa singkapan batuan basah, banyak rekahan pelarutan, *pelapukan ringan*, ketebalan 1–5 meter,
 - **Mudstone** : warna abu-abu muda, abu kehitaman, menyerpih, rekahan tidak intensif, tingkat pelapukan ringan sampai sedang, ketebalan 30 cm – 3 meter.
- **Struktur Batuan**
 - **Struktur Berdasarkan Pengamatan Singkapan**
Struktur batuan yang dapat diamati di lapangan adalah struktur masif, berlapis, dan menyerpih. Struktur masif ditemukan pada *boundstones* struktur berlapis ditemukan pada peralihan batuan antara *boundstone* dengan *packstone*, dan struktur menyerpih ditemukan pada *mudstone*. Pada singkapan batuan, ditemukan lebar rekahan mulai dari beberapa milimeter hingga 3 centimeter, dan tidak terisi oleh mineral lain (*infilling material*). Posisi rekahan umumnya vertikal. Rekahan dapat diamati dengan baik pada batugamping jenis *packstone* dan *mudstone*.



Gambar 2. Struktur Batuan Pada Singkapan



Gambar 3. Retakan Batugamping pada Core

○ **Struktur Berdasarkan Pengamatan Inti (Core) Pemboran**

Pengamatan rekahan dilakukan pula pada 11 batuan inti (*core*). Dari pengamatan batuan inti (*core*) didapatkan rata-rata perbandingan perolehan batuan masif per satuan panjang pemboran dengan nilai RQD (Rock Quality Designation) 80 %, yang mencirikan rekahan/kekar akibat tektonik yang hadir dalam jumlah yang sedikit. Pada batuan inti ditemukan *stylolite*, retakan (*fracture*), dan *vug* (lubang yang terbentuk akibat pelepasan gas hasil pelarutan) yang diidentifikasi dari kedalaman 1 meter sampai dengan kedalaman ± 170 meter. Lebar retakan *stylolite* berukuran 0.5–2 mm. *Stylolite* adalah rekahan yang terjadi akibat proses tektonik, sedangkan retakan (*fracture*) dan *vug* adalah rekahan yang terjadi akibat proses pelarutan. Orientasi posisi rekahan (*stylolite* dan retakan) pada umumnya vertikal.

Berdasarkan pengamatan batuan inti (*core*) maka dapat diketahui jenis batugamping, struktur batuan, dan struktur geologi yang berkembang di Kuar D. Jenis batugamping yang berkembang adalah jenis *boundstone*, *packstone*, dan *mudstone*. Struktur batuan yang berkembang adalah rekahan dan *vug* yang bisa diidentifikasi sampai kedalaman ± 120 meter. Struktur geologi bawah permukaan yang berkembang adalah kekar yang teridentifikasi sampai kedalaman ± 80 meter.

Kondisi Tanah

• **Sifat Bio-Fisik-Kimia**

Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilakukan pada 10 lokasi yang berupa tanah asli (pratambang), dan tanah timbunan pada lahan yang sudah revegetasi dari beberapa lokasi sekitar kuari D, Kuari Citeureup. Pada beberapa lokasi, contoh tanah diambil dari beberapa lapisan tanah (*horizon*) sehingga jumlah contoh tanah yang diambil adalah 16 buah dan dilakukan analisis tingkat kesuburannya di Laboratorium Pengujian Tanah, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Departemen Pertanian, Lembang, Bandung.

Analisis yang dilakukan meliputi sifat fisik dan kimia tanah antara lain tekstur, pH, C-organik, N, Rasio C/N, P, K, Na, Mg, Ca, kapasitas tukar kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB). Analisis ini diperlukan untuk mengetahui ketersediaan unsur-unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Hasil analisis laboratorium terhadap kandungan unsur hara pada tanah asli menunjukkan bahwa tanah asli sekitar kuari memiliki tekstur liat dan nilai pH 5,2-7,5. Kandungan C pada tanah 1,31- 3,86 %, N berkisar 0,04-0,38% ,P berkisar 1,4-21,8 ppm dan K berkisar 55,9-129,4 ppm. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah berkisar 19,48-61,67meq/100g, sementara kejenuhan basa (KB) tanah 90-231 %. (Tabel 1).

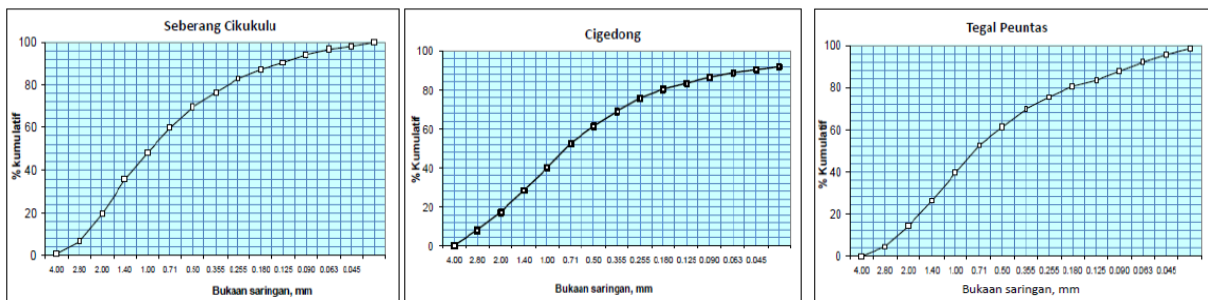
Sedangkan pada tanah revegetasi, hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa tanah pada lahan reklamasi dan revegetasi memiliki tekstur liat dengan nilai pH 7,9-8,4. Kandungan C pada tanah 0,98-3,22 %, N berkisar 0,08-0,33% ,P berkisar 5,9-183,8 ppm dan K berkisar 66,1-135,1 ppm. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah berkisar 13,03-42,88meq/100g, sementara kejenuhan basa (KB) tanah 81-215 %. (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter Sifat Fisika dan Kimia Tanah

Kode Lokasi	Tekstur			Eks 1:2,5		Terhadap Bahan Kering 105°C												
	Pasir	Debu	Liat	pH		C	N	C/N	Bray 1	Olsen	MVK	Ca	Mg	K	Na	Jml	KTK	KB
				H ₂ O	KCl													
	Pipet (gravimetri)			pH Meter		Spekto	Kjedahl	Spektrofotometer		Flame	AAS				Jml	Dest.		
	%					%				ppm		me/100gr						%
C-4	6	13	81	8,0	7,2	2,16	0,21	10	-	7,5	135,1	32,57	2,35	0,35	0,08	35,35	19,95	177
C-5	37	12	51	7,9	7,2	2,33	0,25	9	-	85,8	73,3	28,75	2,57	0,15	0,06	31,54	16,93	186
C-6	6	9	85	8,0	7,3	1,93	0,15	13	-	9,1	64,9	25,56	2,31	0,16	0,07	28,09	17,76	158
C-7	29	18	53	8,0	7,2	3,22	0,33	10	-	183,8	104,8	33,01	1,35	0,27	0,07	34,70	42,88	81
C-8	23	26	51	5,9	4,8	1,18	0,06	19	-	8,4	95,3	16,80	1,34	0,27	0,07	18,49	17,39	106
C-9	23	35	42	8,2	7,5	1,66	0,12	14	-	13,8	80,5	35,54	1,95	0,19	0,10	37,79	21,35	177
C-11	50	22	28	8,1	7,2	1,50	0,11	13	-	15,5	83,0	21,58	1,96	0,15	0,05	23,74	19,87	119
C-12	16	11	73	8,2	7,3	2,27	0,20	12	-	11,3	56,1	26,49	1,25	0,15	0,07	27,96	13,03	215
C-13	48	4	48	8,3	7,4	0,98	0,10	10	-	5,9	73,0	30,29	0,71	0,11	0,04	31,16	16,19	192
C-14	38	19	43	8,4	7,4	1,10	0,08	13	-	12,0	92,5	31,17	2,23	0,19	0,08	33,67	15,83	213
C-16	18	21	61	7,0	5,9	2,26	0,19	12	-	14,6	70,6	38,88	5,69	0,20	0,13	44,90	19,46	231
C-17	14	29	57	5,2	3,7	1,57	0,12	13	2,7	-	72,1	31,69	5,45	0,21	0,10	37,44	41,57	90
C-18	44	23	33	5,3	3,9	1,31	0,04	30	1,4	-	55,9	55,94	6,23	0,17	0,12	62,46	61,67	101
C-19	4	13	83	7,5	6,7	3,85	0,38	10	-	10,4	129,4	37,54	2,33	0,32	0,09	40,27	38,46	105
C-20	1	11	88	6,8	5,7	2,25	0,25	9	-	21,6	97,4	32,98	1,50	0,28	0,10	34,87	35,60	98
C-21	18	10	72	8,1	7,2	1,41	0,15	10	-	6,9	73,8	36,52	2,38	0,19	0,06	39,16	20,06	195

• Analisis Ukuran Butir Tanah

Analisis ukuran butir dilakukan terhadap beberapa conto tanah dimana dilakukan uji infiltrasi, yaitu : seberang mata air Sungai Cikukulu dengan kondisi tutupan lahan tanaman lamtorogung dan pisang, Tegal Peuntas dengan kondisi tutupan lahan tegalan dan di Cigedong dengan kondisi tutupan lahan berupa kebun campuran.



Gambar 4. Grafik Ukuran Butir Tanah

Hasil analisis ukuran butir tanah ditampilkan dalam bentuk grafik, seperti pada gambar 4, untuk kemudian dilakukan pendekatan dengan menggunakan standar grafik konduktivitas hidrolik (Driscoll, 1986) analisis butiran untuk analisis konduktivitas hidrolik dapat diperkirakan tanah mempunyai konduktivitas hidrolik pada kisaran : K = 1000 gpd/ft2 atau = 0,056 cm/detik.

- **Uji Infiltrasi Tanah**

Uji infiltrasi dilakukan pada 16 titik pengamatan (Tahun 2010 dan 2011) dengan variasi lokasi berbeda, yaitu di daerah dengan kondisi tanah asli dan beberapa tempat mewakili daerah lahan pascatambang yang sudah di reklamasi/revegetasi, dengan umur dan jenis tanaman yang bervariasi. Dari sebanyak 16 titik pengujian, maka didasarkan pada nilai laju infiltrasi, kondisi tanah dapat dikelompokkan sbb. :

- *Kelompok pertama* adalah lokasi yang masih ditutupi tanah asli (tidak ditambang) mempunyai laju infiltrasi rata-rata yang cukup besar 0.015 cm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini masih mampu menyerap air hujan dengan intensitas 54 mm selama 1 jam.
- *Kelompok kedua* adalah lokasi lahan bekas tambang yang sudah direklamasi dengan berbagai jenis tanaman yang relatif bagus penanganannya dengan laju infiltrasi sekitar 0,002 cm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini masih mampu menyerap air hujan dengan intensitas 12 mm selama 1 jam.
- *Kelompok ketiga* adalah lokasi lahan bekas tambang yang kurang bagus penanganannya dengan laju infiltrasi sangat rendah; berkisar antara 0,001 mm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini masih mampu menyerap air hujan dengan intensitas 1 mm selama 1 jam.

Kondisi Keairan

- **Pengukuran Debit Sungai Cikukulu**

Pengukuran debit sungai bawah tanah dilakukan pada keluaran sungai Cikukulu. Sumber air Cikukulu (sungai bawah tanah yang muncul dipermukaan) terlihat terpelihara dan dibuat bendungan permanen. Kondisi saat ini sebagian airnya diambil (dipompa) untuk keperluan perusahaan (siram jalan, kebersihan dan siram tanaman), sedangkan secara gravitasi air ini mengalir ke daerah pemukiman. Debit musim kemarau sangat kecil dibandingkan dengan debit musim hujan, sangat berbeda dengan keadaan sebelum adanya penambangan batugamping di Kuari D. Dari hasil pengukuran, diperoleh debit sungai Cikukulu adalah 0,244 m³/detik.

- **Analisa Sifat Fisika Kimia Air**

Pengamatan dan pengambilan contoh air dilakukan pada sejumlah mata air dan sumur penduduk, yang airnya diduga bersumber dari airtanah kawasan batugamping (lihat Tabel 5). Untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimiawi, diambil 7 contoh air dari sumber mataair dan sumur penduduk yang kemudian dilakukan pengukuran parameter fisik air di lapangan dan analisis contoh air di Laboratorium Puslit Geoteknologi LIPI.

Tabel 2. Parameter Sifat Fisika dan Kimia Tanah

NO.	PARAMETER	SATUAN	METODE	HASIL ANALISIS						
				CB-1	CB-2	CB-3	CB-4	CB-5	CB-6	CB-7
1	Keasaman (pH)		Elektrometri	7,22	6,56	8,42	7,22	6,12	7,27	5,4
2	Daya Hantar Listrik	µS/cm	Elektrometri	162,4	286	283	768	281	240	185,6
3	Temperatur	(°C)	Elektrometri	26,9	30	31,6	30	26,2	26,3	26
4	Natrium (Na)	mg/l	Flamefotometri	ttd	1,91	ttd	ttd	21,66	ttd	10,38
5	Kalium (K)	mg/l	Flamefotometri	ttd	0,19	0,73	0,19	3,92	ttd	0,73
6	Kalsium (Ca)	mg/l	Titrimetri	84,8	33,6	27,2	121,6	25,6	86,4	17,6
7	Magnesium (Mg)	mg/l	Titrimetri	16,13	5,31	15,88	15,68	6,36	2,76	5,51
8	Karbonat (CO ₃)	mg/l	Titrimetri	80,14	72,12	26,33	151,11	108,76	131,65	103,03
9	Bikarbonat (HCO ₃)	mg/l	Titrimetri	238,21	70,16	91,22	406,45	83,59	267,54	66,98
10	Sulfat (SO ₄)	mg/l	Turbidimetri	75	12,5	35	52	13	13	13
11	Klorida (Cl)	mg/l	Argentometri	10,82	30,32	8,66	8,66	47,64	4,33	10,08
12	Besi (Fe)	mg/l	Phenantrolin	0,061	0,106	0,190	0,072	0,630	0,004	0,012

Ket. ttd : Tidak terdeteksi

ANALISIS/DISKUSI

Pada kasus penambangan batugamping, bukan hanya tutupan lahan yang berubah, tetapi kondisi geologi juga berubah. Volume batugamping yang merupakan media penyimpan air berkurang, karena sebagian batuan/tanah dipindahkan (ditambang). Untuk kasus di Citeureup, dimana penambangan dilakukan secara

tambang terbuka dan berjenjang, sebagian besar tanah penutup dan batugamping bagian atas yang banyak mengandung rekahan (porositas sekunder) diambil dan menyisakan batugamping yang relative masif. Analisis porositas memperlihatkan bahwa besaran porositas *vuggy*, interkristalin dan moldik bervariasi. Retakan/*fracture* dan *vug* adalah rekahan yang terjadi akibat proses pelarutan, dengan orientasi posisi rekahan pada umumnya vertikal. Jenis porositas yang teramati antara lain : porositas jenis *vuggy* dengan interpartikel, dimana porositas ini mendominasi pada beberapa fasies batugamping Klapanunggal (Fauzielly L, 2000), dengan besaran sangat bervariasi, terutama untuk porositas jenis *vuggy*. Batugamping permukaan yang mempunyai porositas tinggi perlu diberikan prioritas agar sebagian disisakan untuk kelestarian lingkungan, sehingga kemampuan batugamping untuk meresapkan air dapat terjaga.

Kehadiran rekahan pada singkapan batuan dan retakan serta *vug* pada batuan inti (*core*), ditambah dengan kehadiran *stylolite* akibat proses tektonik, mencirikan bahwa proses pembentukan porositas sekunder terjadi (Dunham, 1985). Analisis rekahan pada inti pemboran dilakukan sampai kedalaman 120 m, dimana diperoleh indikasi bahwa kekar masih berkembang sampai kedalaman 80 m, dan kemungkinan besar pembentukan porositas sekunder akan terus terjadi yang diakibatkan adanya pelarutan (proses kartifikasi).

Dari hasil analisis laboratorium sifat bio-fisika-kimia conto tanah, umumnya tanah bersifat alkalis yang memiliki pH > dari 6. Untuk menurunkan pH agar penyerapan unsur hara oleh akar berlangsung optimal, dapat diatasi dengan pemberian asam sulfat, besi sulfat, aluminium sulfat atau bubuk belerang. Bahan yang paling murah dan paling mudah didapat adalah bubuk belerang. Bahan lain yang dapat dimanfaatkan adalah bahan organik seperti kompos dari serbuk gergaji dan daun pinus karena dapat menciptakan suasana asam selama proses penguraian. Kandungan P pada tanah yang rendah dapat ditingkatkan dengan pupuk SP 36 atau amonium fosfat, sedangkan untuk meningkatkan kandungan K dapat menggunakan pupuk KCl, Kalium sulfat(K_2SO_4) atau kalium nitrat(KNO_3). Kompos dan pupuk kandang dapat juga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah yang rendah, sedangkan untuk meningkatkan kandungan K dapat menggunakan pupuk KCl, Kalium sulfat(K_2SO_4) atau kalium nitrat(KNO_3).

Kemampuan resapan tanah pada beberapa daerah reklamasi, berdasarkan uji infiltrasi, cukup bervariasi antara 1 mm s/d 12 mm perjam, tetapi tidak berhubungan dengan umur revegetasi ataupun jenis tanamannya. Yang terlihat menonjol adalah kemampuan resapan, dilihat dari laju infiltrasi, pada tanah asli (yang belum ditambang) adalah 54 mm perjam, berarti kemampuan resapannya bisa mencapai ± 5 s/d 50 kali dari lahan revegetasi.

Dengan membandingkan nilai infiltrasi diatas dengan konduktivitas tanah berdasarkan distribusi ukuran butir, baik pada tanah asli maupun tanah timbun pada lahan revegetasi, ternyata sangat jauh berbeda. Perbedaan ini bisa disebabkan pengelolaan tanah pucuk pada saat penimbunan, dimana kemungkinan terjadi pemadatan atau bercampur dengan material halus yang berasal dari limbah penambangan.

Terdapatnya beberapa genangan air pada lantai tambang pascatambang yang belum dilakukan penimbunan tanah pucuk. Hal ini sangat dimungkinkan karena adanya penyumbatan rekahan oleh partikel halus produk peledakan, ditambah dengan adanya pemadatan karena operasi alat berat. Padahal dilihat dari analisis pemboran inti, lantai tambang pascatambang masih masuk dalam zona perkembangan kekar.

Alternatif untuk meningkatkan kemampuan meresapkan air pada tanah revegetasi adalah dengan menghindari terjadinya proses pemadatan pada saat penimbunan, antara lain tidak melakukan penimbunan pada kondisi tanah masih basah atau sistim penimbunan dilakukan dari yang paling jauh secara mundur, sehingga tanah yang baru ditimbun tidak terlindas kendaraan.

Sedangkan upaya untuk meningkatkan kemampuan menyimpan air (*water holding capacity*) batugamping pascatambang, bisa dilakukan dengan membuat rekahan buatan (*artificial crack*) dengan melakukan *softblasting* sebelum penimbunan tanah pucuk, yang dilanjutkan dengan revegetasi dengan jenis tanaman yang mempunyai sistem perakaran yang kuat memecah batuan. Dengan mengkondisikan sepertihal diatas terhadap batugamping pascatambang, maka dalam periode lama diharapkan terjadi perkembangan kekar yang diikuti proses karsifikasi, sehingga karakter gamping sebagai reservoir air bisa dicapai.

Dari data hasil analisa laboratorium terhadap sifat kimia air, pada umumnya air memenuhi persyaratan untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, kecuali satu conto yang mengandung ion besi jauh diatas ambang batas yang diijinkan berdasarkan Kepmenkes No. 907/MENKES/ SK/VII/2002, kandungan ion besi maksimum dalam air untuk kebutuhan rumah tangga adalah 0,3 mg/L (lihat Tabel 2).

KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

Kesimpulan

- Dari analisis inti pemboran dapat disimpulkan bahwa pembentukan porositas sekunder yang diikuti pelarutan/karstifikasi, terjadi baik dipermukaan sampai kedalaman (± 80 m) dari batugamping.
- Tertutupnya porositas sekunder batugamping pascatambang oleh partikel/debu dan beban alat berat sebagai dampak ikutan dari kegiatan penambangan, menyebabkan berkurangnya infiltrasi air pada batugamping. Sedangkan pada tanah lahan revegetasi, ditinjau dari laju infiltrasi dan konduktivitas tanah, telah terjadi pemadatan selama proses penimbunan kembali.
- Terjadi perubahan proses hidrodinamika yang berdampak terganggunya kuantitas/debit air tanah, terlihat dari fluktuasi airtanah dangkal, mataair, serta sungai bawah tanah disekitar lokasi kuari.
- Dari segi kualitas, umumnya air memenuhi persyaratan untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, kecuali satu conto mengandung ion besi jauh diatas ambang batas yang diijinkan. Sedangkan pada sebagian conto air bersifat asam ($\text{pH}<7$), menandakan sumber airnya bukan dari kuari gamping.
- Dari analisis laboratorium bio-fisika-kimia tanah, telah terjadi penurunan kualitas tanah asli pada saat pengupasan dibandingkan pada saat penimbunan kembali (*back filling*).

Saran/Rekomendasi

- Untuk mempertahankan porositas tanah timbun pada lahan reklamasi, disarankan pada saat penimbunan tanah pucuk, dilakukan dalam keadaan kering, sertamenghindari terjadinya pemadatan akibat alat berat.
- Untuk mempertahankan fungsi *crack* batugamping pada lantai tambang, perlu dihindari adanya kontaminasi dari partikel halus produk peledakan terhadap rekahan serta penutupan rekahan oleh beban alat berat
- Dibuat rekahan buatan (*artificial crack*) pada lantai bekas tambang, dilanjutkan dengan revegetasi dengan sistem perakaran tanaman yang mampu memecah batuan keras, sehingga dalam jangka panjang proses karstifikasi bisa berjalan kembali.
- Tidak melakukan penambangan batugamping pada daerah resapan (*catchment area*) sungai-sungai bawah tanah
Atau mataair yang dimanfaatkan masyarakat sekitar kuari.
- Diperlukan upaya remediasi untuk meningkatkan kandungan hara pada tanahpucuk yang ditimbun pada lahan revegetasi, dimana sebaiknya tidak menggunakan pupuk an-organik dan menghindari penggunaan insectisida (untuk menghindari pencemaran airtanah)

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI serta P2K Tahun dan Anggaran 2011 beserta jajarannya atas kepercayaan yang diberikan kepada kami untuk melakukan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak di luar Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, terutama PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk., yang telah membantu kami dengan berbagai informasi, izin, saran, dan fasilitas yang diberikan, terutama selama melaksanakan kegiatan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Dunham, 1985, *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, and Depositional Environment in Carbonate Rocks*, Am. Ass. Petro Geology 1.p108-121.

Fauzielly L, 2000, *Diagenesa Batugamping Formasi Kalapanunggal*, Thesis ITB

Driscoll, FC., 1986, *Groundwater and Wells 2nd, Johnson Division, Signal Environmental Systems*, St. Paul, MN.

Langer, William H.,2001, *Potential Environmental Impacts of Quarrying Stone in Karst—A Literature Open-File Report OF-01-04842001*, U.S. Geological Survey (USGS).

PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2009, Laporan RKL/RPL (*Amdal Mining-Semester II-2009*).