

## **Degradasi Lingkungan Akibat Aktivitas Penambangan Rakyat di Dusun Srumbung, Kalurahan Segoroyoso, Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, DIY**

**Angger Yasmin Winahyu Siwi<sup>1)</sup>, Andi Renata Ade Yudono<sup>2a)</sup>, Nandra Eko Nugroho<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283  
<sup>a)</sup>Corresponding author: ade.yudono@upnyk.ac.id

### **ABSTRAK**

Penambangan rakyat yang telah dilakukan selama ±30 tahun di Dusun Srumbung, Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, DIY merupakan penambangan batuan dengan jenis material breksi piroklastik dan batupasir tufaan. Aktivitas penambangan tak berizin menimbulkan perubahan atas kondisi eksisting yang diakibatkan oleh proses penambangan rakyat. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dampak yang dihasilkan dari aktivitas penambangan rakyat di lokasi penelitian. Metode yang digunakan berupa deskriptif kuantitatif dengan parameter perubahan bentuklahan, perubahan kualitas air penambangan, perubahan kerapatan vegetasi, kondisi kesuburan tanah, dan perubahan sosial. Hasil penelitian menunjukkan dampak yang dihasilkan dari aktivitas penambangan rakyat berupa degradasi lingkungan pada komponen Abiotik, Biotik, dan Culture di Lokasi Penelitian. Degradasi lingkungan tersebut yaitu: timbulnya bentuklahan baru, lereng antropogenik yang tak lepas dari FK kurang stabil di lokasi penambangan, terbentuknya cekungan kolam penambangan dengan kondisi air berwarna keruh dan nilai TDS yang tinggi yaitu 790 mg/l, Penurunan kerapatan vegetasi sebesar 37,60% selama tahun 2006-2021, Hal tersebut juga didukung oleh kesuburan tanah yang kurang, di tunjukan oleh uji lab nilai N-total sebesar 0,416 dan Kalium sebesar 31,89 yang tergolong sedang di lokasi penambangan, kondisi sosial memunculkan dampak positif berupa peningkatan ekonomi dan kesejahteraan keluarga penambang dan dampak negatif berupa korban jiwa akibat kecelakaan dalam bekerja, dan konflik sosial masyarakat.

**Kata Kunci :** Penambangan Rakyat; Aktivitas; Degradasi Lingkungan; Lereng, Pembukaan Lahan

### **ABSTRACT**

Community mining that has been carried out for ±30 years in Srumbung Hamlet, Segoroyoso Village, Pleret District, Bantul Regency, DIY is rocks mining with types of tuff brecciation material and tuff sandstone. This unlicensed mining activity caused changes to existing conditions caused by the community mining process. The purpose of the study was to determine the impact resulting from community mining activities at the research site. The method used is in the form of quantitative descriptive with parameters of changing landform, changing the quality of mining water, changing vegetation density, soil fertility conditions, and social changes. The results showed the impact resulting from community mining activities in the form of environmental degradation on the Abiotic, Biotic, and Culture components at the Research Site. The environmental degradation is: the emergence of new forms, anthropogenic slopes that cannot be separated from FK are less stable at mining sites, the formation of mining pond basins with turbid water conditions and high TDS values of 790 mg / l, Decrease in vegetation density by 37.60% during 2006-2021, This is also supported by insufficient soil fertility, shown by lab tests of N-total values of 0.416 and Potassium of 31.89 which are classified as moderate at mining sites, social conditions have a positive impact in the form of improving the economy and welfare of miners' families and negative impacts in the form of casualties due to accidents at work, and social conflicts of society.

**Keyword:** *Community Mining, Activity, Environmental Degradation, Slope, Land Cleaning*

## **PENDAHULUAN**

Lokasi penelitian terletak di Dusun Srumbung, Kelurahan Segoroyoso, Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, DIY memiliki persebaran sumber daya alam batuan yang potensial untuk dimanfaatkan dan digunakan sebagai barang yang layak jual dan bernilai ekonomis. Keberadaan sumber daya alam batuan tersebut telah dieksplorasi dan dimanfaatkan sebagai komoditas penambangan rakyat oleh masyarakat setempat. Namun aktivitas penambangan tersebut termasuk dalam kategori tambang tak berizin. Menurut (Saleh, M., & Khair, A. 2017). pertambangan merupakan usaha untuk mengeksplorasi, eksploitasi, produksi, pemurnian dan distribusi konsumen. Dilakukan oleh rakyat artinya aktivitas penambangan dikerjakan oleh masyarakat, dengan domisili di area pertambangan rakyat, dan tujuan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat. Penambangan rakyat yang dilakukan adalah jenis penambangan batuan yaitu breksi piroklastik dan batupasir tufaan. Peralatan penambangan yang digunakan seperti linggis, tali, dan alat transportasi pengangkut batuan.

Dampak dari aktivitas penambangan yaitu perubahan atas kondisi eksisting atau degradasi lingkungan di lokasi penelitian akibat aktivitas penambangan rakyat yang dilakukan secara *intens* selama  $\pm 30$  tahun lamanya. Mengutip dari (Candra, 2016) menyebutkan bahwa manusia menjadi faktor dalam melakukan aktivitas penambangan yang tidak memperhatikan lingkungan dan tidak dilakukan dengan baik dan benar akan menimbulkan degradasi lingkungan terhadap daerah penambangan dan sekitarnya. Sehingga apabila hal tersebut tidak dilakukan perbaikan akan mengganggu fungsi maupun penurunan kualitas lingkungan di lokasi penelitian

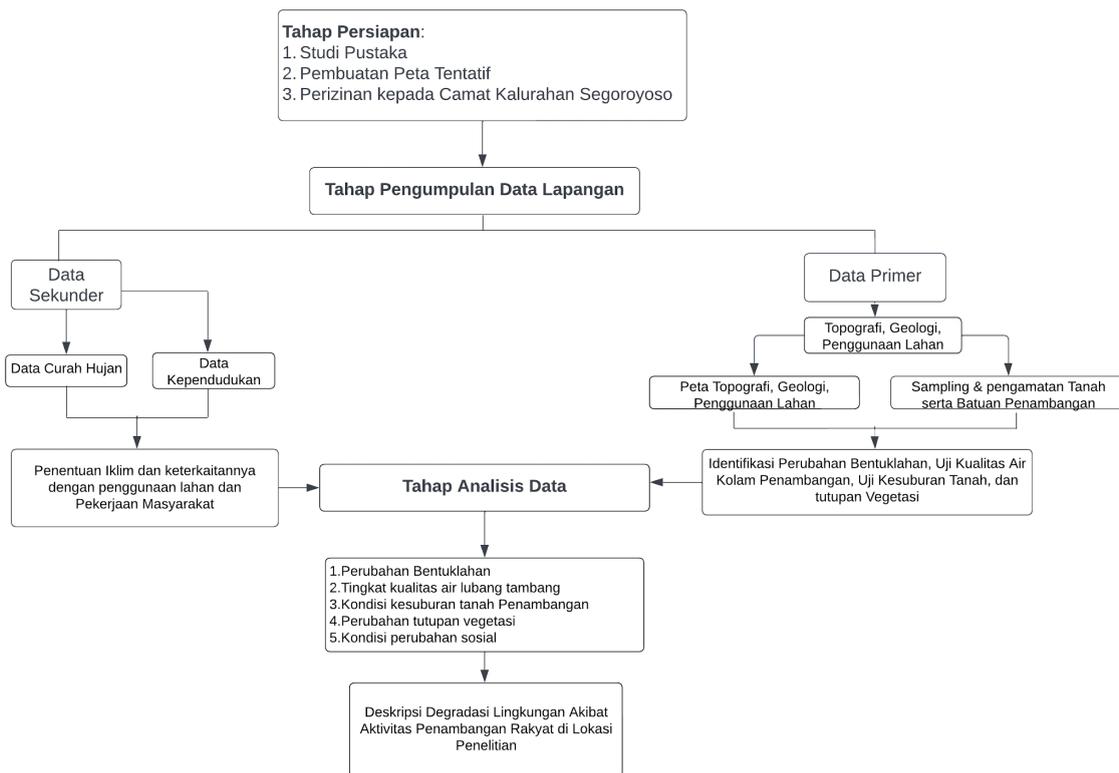
Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dampak yang dihasilkan dari aktivitas penambangan rakyat di lokasi penelitian. Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan untuk rencana pengelolaan dampak aktivitas penambangan. Sehingga penambangan rakyat yang akan beroperasi dalam jangka waktu panjang dapat menerapkan kegiatan penambangan yang baik dan benar untuk meminimalisir penurunan fungsi lingkungan hidup di lokasi penelitian.

## **METODE**

Penelitian dilakukan di Dusun Srumbung, Kelurahan Segoroyoso, Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, DIY, terletak pada koordinat X: 433600mT - 435600 mT dan koordinat Y: 9126800 mU - 9128400 mU. Kelurahan Segoroyoso dipilih sebagai lokasi penelitian karena sesuai dengan pengamatan pada daerah tersebut memiliki indikasi penurunan kondisi eksisting atau degradasi lingkungan akibat aktivitas penambangan rakyat yang telah dikerjakan puluhan tahun lamanya. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu pengumpulan data sekunder dan data primer, serta analisis data. Adapun alur tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 1**.

### **Tahap Persiapan**

Tahap persiapan dalam penelitian ini terdiri dari studi pustaka, perizinan kepada camat Kelurahan Segoroyoso, dan pembuatan peta tentatif melalui data-data sekunder. Studi pustaka yang dilakukan adalah dengan mencari referensi atau informasi melalui jurnal ilmiah, penelitian acuan, buku maupun peta-peta tentatif yang sudah ada. Pembuatan peta tentatif awal bersumber dari Peta RBI lembar DIY dari Bakosurtanal, Peta Bentuklahan lembar Bantul dari website Kabupaten Bantul dan data jumlah penduduk dari Kantor Kalurahan Segoroyoso, Kapanewon Pleret, Kabupaten Bantul, DIY.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Tahap Pengumpulan Data Lapangan

#### Pengukuran Kualitas Air Kolam Penambangan dan Kesuburan Tanah Penambangan

Pengukuran kualitas air pada kolam penambangan dan kesuburan tanah penambangan dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*, dengan tujuan untuk mengetahui keterkaitan antara kandungan, karakteristik maupun sifat sampel yang akan diteliti dengan pengaruh dari aktivitas penambangan yang dihasilkan. Adapun dalam pengukuran kualitas air kolam disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air DIY kelas III dengan parameter yang akan diuji berupa pH, TDS, DHL dan DO. Sedangkan pengukuran kesuburan tanah disesuaikan dengan Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah 2005.

#### Perhitungan Perubahan Tutupan Vegetasi

Pengukuran luas perubahan tutupan vegetasi menggunakan metode grid bujur sangkar, metode tersebut digunakan untuk mengetahui luasan wilayah yang mengalami perubahan dari aktivitas penambangan. Adapun dalam melakukan perhitungan metode grid bujur sangkar adalah dengan rumus:

$$L = ( W + \frac{P}{2} x Lunit ) \dots \dots \dots (1)$$

$$L_{unit} = \frac{L\ besar}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

W : bujur sangkar penuh

P : bujur sangkar tidak penuh

Sumber: Wongsotjitro (1980) dalam Alivah (2016)

Wawancara Sosial Masyarakat

Wawancara mengenai dampak aktivitas penambangan dilakukan dengan sesi tanya jawab kepada para pekerja penambang dan masyarakat sekitar dusun srumbung. Hasil wawancara tersebut berguna untuk mengetahui keterkaitan aktivitas penambangan dengan degradasi lingkungan yang terdapat di lokasi penelitian.

**Tahap Analisis Data**

Tahap analisis data dilakukan dengan pendekatan analitik dan deskriptif yaitu identifikasi kondisi sesuai di lapangan yang mengalami dampak aktivitas penambangan. Dari perubahan atas kondisi eksisting akibat proses penambangan tersebut kemudian dikaji sehingga dapat diketahui degradasi atau penurunan fungsi lingkungan di lokasi penelitian. Adapun parameter yang didapatkan dari perubahan kondisi eksisting akibat aktivitas penambangan yaitu: perubahan bentuklahan, tingkat kualitas air lubang tambang, kondisi kesuburan tanah penambangan, perubahan tutupan vegetasi dan kondisi perubahan sosial.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak dari aktivitas penambangan rakyat di lokasi penelitian berupa degradasi lingkungan pada komponen Abiotik, Biotik, dan Culture sebagai berikut:

**Tabel 1.** Degradasi Lingkungan terhadap Aktivitas Penambangan di lokasi penelitian

Komponen Rona Lingkungan	Indikator/Parameter yang Terdegradasi	Sebelum terdegradasi	Sesudah terdegradasi
Abiotik	Perubahan Bentuklahan	Bentuklahan berupa lereng perbukitan/punggungan	Terbentuk lereng antropogenik disertai lereng menggantung
	Tingkat Kualitas Air Lubang Tambang	Belum terbentuk kolam penambangan	Terbentuk cekungan kolam dengan kondisi warna keruh pada kolam bekas penambangan.
	Kondisi Kesuburan Tanah Penambangan	Kerapatan vegetasi tinggi yang menunjukkan bahwa kondisi tanah adalah baik dan subur	Hasil uji pada tanah penambangan menunjukkan parameter N-total dan Kalium termasuk sedang.
Biotik	Perubahan Tutupan Vegetasi	Kerapatan vegetasi tinggi di lokasi penambangan	Vegetasi jarang hingga kurang rapat di lokasi penambangan
Sosial	Kondisi Perubahan Sosial	Hasil perekonomian yang didapatkan dari komoditas pertanian tidak menentu, tergantung masa panen padi. Tidak terdapat korban jiwa dan konflik sosial	- Dampak positif: meningkatkan ekonomi dan kesejahteraan keluarga penambang. - Dampak negatif: timbul korban jiwa dan minimnya rambu-rambu peringatan pada kolam bekas penambangan, serta konflik sosial masyarakat.

Perubahan Bentuklahan



**Gambar 2.** Perubahan Bentuklahan di lokasi penelitian

Sebelum terdapat aktivitas penambangan, lokasi penelitian merupakan daerah lereng bukit/punggungan. Seiring berjalannya waktu dan pemanfaatan lereng untuk di tambang, daerah tersebut menghasilkan lereng antropogenik dan dataran antropogenik sebagai hasil aktivitas penambangan. Lereng antropogenik tersebut timbul dari proses penggalian dan pemotongan lereng punggungan sebagai area penambangan rakyat. Aktivitas penambangan pada lereng antropogenik menimbulkan daerah tersebut memiliki nilai kemiringan lereng yang beragam (sedang hingga curam) serta terdapat lereng menggantung yang tak lepas dari FK tidak stabil pada lereng penambangan.

Hasil Pengukuran pada lereng penambangan memiliki tinggi 15 m dengan sudut sebesar 90°. Semakin tinggi lereng dan sudut kemiringan yang semakin besar maka nilai faktor keamanan akan semakin rendah. Akibatnya hal tersebut akan berpotensi menimbulkan runtuh atau gerakan massa batuan di lereng penambangan. Menurut (Karnawati 2005 dalam Nugraha 2020), terganggunya kestabilan lereng pada tanah atau batuan penyusun lereng menjadi penyebab terjadinya gerakan massa. Hal tersebut juga diperkuat dengan keberadaan kekar pada batuan, dimana keberadaan kekar akan mempengaruhi kestabilan lereng karena semakin banyak celah air yang masuk pada batuan sehingga dapat mempengaruhi tingkat pelapukan batuan yang mengakibatkan tingkat erosi menjadi besar.

Kondisi Tingkat Kualitas Air Lubang Penambangan

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Kualitas Air Kolam Penambangan

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Baku Mutu air Kelas III PerGub No 20 Tahun 2008
1.	pH	°C	7.2	6-9
2.	DO	mg/l	8.7	>4
3.	TDS	mg/l	790	1000
4.	DHL	ms	1,27	

Karakteristik batuan breksi yang memiliki permeabilitas rendah mengakibatkan daerah penelitian banyak dijumpai air yang relatif lebih banyak menggenang dari pada terinfiltrasi. Hal tersebut menimbulkan degradasi yang ditandai dengan perubahan warna hijau dan keruh pada kolam penambangan. Kondisi tingkat kualitas air kolam tersebut kemudian disesuaikan dengan PerGub DIY No 20 tahun 2008 tentang Baku Mutu Air Kelas III. Hasil uji menunjukkan semua parameter memiliki nilai yang sesuai dengan baku mutu pergub DIY. Hal tersebut menandakan bahwa kualitas air pada kolam penambangan adalah normal atau baik. Hal yang perlu diperhatikan yaitu jika nilai TDS >1000 pada kolam penambangan akan menyebabkan air bersifat asam atau AAT.

Dapat dilihat untuk parameter nilai TDS memiliki angka tinggi sebesar 790 mg/l. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi kolam yang dekat dengan penambangan serta dipengaruhi oleh pencucian atau *leaching* dari mineral-mineral yang sudah mengalami oksidasi pada dinding tambang. Reaksi oksidasi yang terjadi pada batuan penambangan yang tersingkap dan bersinggungan dengan atmosfer bebas menyebabkan mineral pada batuan breksi piroklastik terpecah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Kemudian ketika terjadi presipitasi dan terdapat aliran run off dari dinding tambang hal

tersebut akan meluruhkan dan melarutkan mineral-mineral yang telah mengalami oksidasi. Sehingga menyebabkan kadar TDS tinggi pada kolam penambangan.

Kesuburan Tanah Penambangan

**Tabel 3.** Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah

No	Parameter Tanah	Nilai Pengujian Tanah Penambangan
1.	pH*	5,4
2.	N-total (%)**	0,416 (S)
3.	Fosfor	73,88 (ST)
4.	Kalium	31,89 (S)

Keterangan :

\* = (Pengukuran Pribadi 2022)

\*\* = (Analisis Laboratorium Ilmu Tanah 2022)

S = Sedang; ST = Sangat Tinggi

(Sumber: Analisis Laboratorium BBTCLP Yogyakarta 2022)

Tanah di lokasi penambangan termasuk dalam jenis tanah latosol dengan tekstur geluh lempung pasir. Berdasarkan pengamatan kondisi tanah di lokasi penambangan ditemukan kondisi berupa percampuran antara tanah dengan material pecahan batuan breksi piroklastik di lokasi penambangan. Selain itu, kegiatan *land clearing* dilokasi penambangan juga menyebabkan berkurangnya vegetasi penutup sehingga ketika terdapat air hujan yang terinfiltrasi ke permukaan tanah mampu memudahkan pelepasan agregat-agregat tanah dalam bentuk erosi percik dan menjadikan airtanah menjadi lembab dan jenuh air. Pengaruh dari erosi tersebut menjadikan tanah mengalami penurunan tingkat kesuburan tanah, meningkatkan limpasan air permukaan, yang kemudian menjadi degradasi lingkungan (Ade Yudono, A. R., & Sungkowo, A. (2015).



**Gambar 3.** Kondisi tanah yang tercampur dengan material batuan penambangan

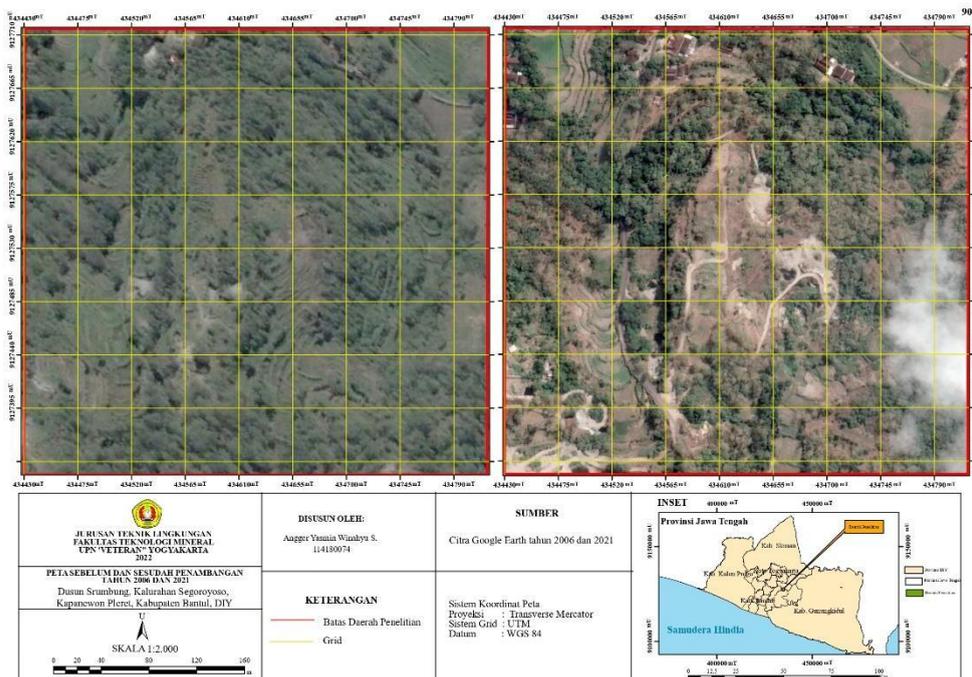
Hasil uji laboratorium tanah penambangan yang disesuaikan dengan (BPT, 2005) menghasilkan nilai (Sedang) untuk parameter N-total dan Kalium. Nilai sedang untuk parameter N-total disebabkan oleh karakteristik dari unsur nitrogen dengan mobilitas tinggi. Dimana unsur nitrogen tersebut mudah hilang pada tanah akibat faktor intensitas pencucian oleh air hujan di lokasi pengambilan sampel sehingga hal tersebut akan mempengaruhi keberadaan dari bahan organik dan mikroorganisme tanah yang menyebabkan nilai N-total sedang. Sedangkan nilai sedang pada parameter Kalium di lokasi penambangan disebabkan oleh peralihan fungsi lahan yang awalnya daerah tersebut memiliki vegetasi tinggi dengan tanaman penutup berukuran sedang hingga besar dan kini beralih menjadi area penambangan dan semak belukar di lokasi penambangan dengan kondisi vegetasi jarang hingga kurang rapat.

Perubahan Tutupan Vegetasi

Dampak aktivitas penambangan rakyat menimbulkan perubahan pada tutupan vegetasi di lokasi penelitian. Perubahan tutupan vegetasi tersebut dipicu oleh pembebasan lahan sebagai akses keluar-masuk kendaraan penambang dan pengangkut batuan penambangan.

**Tabel 4.** Luas Kerapatan Vegetasi Daerah Penelitian

	Luas Total Keseluruhan Daerah Penelitian 2006	Luas Total Daerah Penelitian Setelah Penambangan 2021	Luas Perubahan Vegetasi Setelah Penambangan 2021
	14,630 Ha	9,129 Ha	5,5016 Ha
Dalam Bentuk %		62,40%	37,60%



**Gambar 4.** Peta Perbandingan Kerapatan Vegetasi Tahun 2006-2021

Berdasarkan **Gambar 4** peta perbandingan kerapatan vegetasi tahun 2006-2021 dapat dilihat sebelum aktivitas penambangan (kiri) memiliki tingkat kerapatan vegetasi tinggi dan belum nampak penurunan vegetasi di lokasi penelitian. Setelah aktivitas penambangan (kanan) beberapa daerah seperti utara, timur dan barat daya mengalami penurunan kerapatan vegetasi yang ditunjukkan kerapatan jarang hingga kurang rapat. Akibatnya hal tersebut akan mempengaruhi persebaran keanekaragaman hayati flora dan fauna di lokasi penelitian.

Hasil pengukuran luas kerapatan vegetasi di lokasi penambangan menunjukkan angka penurunan sebesar 37,60%. Angka penurunan kerapatan vegetasi tersebut dipengaruhi oleh karakteristik batuan breksi dengan permeabilitas rendah, tanah latosol dengan kapasitas infiltrasi rendah dan tekstur geluh lempung pasiran yang mudah meloloskan air. Sehingga laju infiltrasi di lokasi penelitian termasuk rendah yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman atau vegetasi di lokasi penelitian jarang tumbuh dengan baik dan subur. Akibatnya banyak ditemui daerah jarang hingga kurang rapat di lokasi penambangan.

Kondisi Sosial Masyarakat

Melihat sisi sosial ekonomi masyarakat, kegiatan penambangan menimbulkan sisi negatif yang dihasilkan dari aktivitas penambangan seperti terdapat 1 korban jiwa tertimpa lereng batuan

penambangan sehingga korban mengalami kelumpuhan, minimnya rambu-rambu peringatan dan pengawasan mengenai larangan berenang pada kolam bekas penambangan, sehingga hal tersebut menyebabkan anak kecil meninggal di tempat karena berenang pada kolam lubang bekas penambangan. Hingga konflik sosial karena jalan utama menuju akses masuk Dusun Srumbung ditemukan banyak berlubang akibat keluar-masuk truk pengangkut batuan.



**Gambar 5.** Kecelakaan pada Lubang Tambang Rakyat  
*Sumber: Arief Junianto (2016)*

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sejalan dengan tujuan penelitian dalam menjawab permasalahan Dampak dari Aktivitas Penambangan Rakyat di Lokasi Penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan bentuklahan ditandai oleh terbentuknya lereng antropogenik dengan kemiringan lereng yang beragam serta lereng menggantung yang tak lepas dari FK tidak stabil pada lereng penambangan.
2. Kekeruhan pada kolam penambangan serta kadar TDS yang perlu diperhatikan pada kolam penambangan yang menunjukkan nilai 790 mg/l.
3. Penurunan kerapatan vegetasi sebesar 37, 60% selama tahun 2006-2021
4. Kesuburan tanah penambangan yang menunjukkan nilai N-total sebesar 0,416 dan Kalium sebesar 31,89 yang tergolong sedang.
5. Kondisi sosial memunculkan dampak positif berupa peningkatan ekonomi dan kesejahteraan keluarga penambang dan dampak negatif berupa korban jiwa akibat kecelakaan bekerja dan konflik sosial masyarakat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan dan ketersediaan fasilitas yang memadai sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar dan tepat waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alivah, E. N., Setiawan, A., & Sedyono, E. (2016, October). Penentuan luas lahan dengan bantuan Google Earth. In *Prosiding, Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI yang diselenggarakan oleh FTek UGM, tanggal* (Vol. 27).
- Candra, P. (2016). *ANALISIS DAMPAK PENAMBANGAN TANAH LIAT TERHADAP LINGKUNGAN FISIK DI DESA JURANG JERO KECAMATAN KARANGANOM KABUPATEN KLATEN TAHUN 2016* (Doctoral dissertation, Universitas Widya Dharma).
- Nugroho, Nandra Eko, and Wisnu Aji Dwi Kristanto. 2020. "Kajian Tingkat Risiko Tanah Longsor Desa Hargomulyo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo." *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan* 1.2 :9-25.

- Penelitian Tanah, B. (2005). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*. Bogor. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian
- Saleh, M., & Khair, A. (2017). *ASPEK YURIDIS TERHADAP PELAKSANAAN PERTAMBANAGAN RAKYAT BERDASARKAN UU NO 4 TAHUN 2009*. Jatiswara, 30(2)
- Yudono, A. R. A., & Sungkowo, A. (2015). *Tingkat Erosi Pada Lahan Yang Berbatuan Dasar Batuan Beku Dan Batuan Metamorf Di Desa Tawangrejo Dan Gununggajah, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah*. Bumi Lestari Journal of Environment, 15(1).