

ANALISIS EFEKTIVITAS PROGRAM REKLAMASI TAMBANG BATU GAMPING DALAM PEMULIHAN FUNGSI LINGKUNGAN DI SUMATERA SELATAN

(EFFECTIVENESS ANALYSIS OF LIMESTONE MINING RECLAMATION PROGRAMS IN THE RECOVERY OF ENVIRONMENTAL FUNCTIONS IN SOUTH SUMATRA)

Andrawina^{1*}, Qurratul A'yun¹, Venty Lestari¹

^{1*} Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

*Korespondensi E-mail: andrawina@unsri.ac.id

Abstrak

Kegiatan penambangan terbuka batu gamping berpotensi menimbulkan degradasi lingkungan berupa perubahan bentang alam, penurunan kualitas tanah, serta meningkatnya risiko erosi dan sedimentasi. Oleh karena itu, reklamasi tambang menjadi instrumen utama dalam pemulihan fungsi lingkungan lahan bekas tambang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas rencana program reklamasi tambang batu gamping PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Pada periode 2025–2029 berdasarkan kriteria teknis reklamasi. Metode penelitian dilakukan melalui analisis deskriptif kuantitatif terhadap dokumen rencana reklamasi, meliputi penataan lahan, penebaran tanah pucuk, pengendalian erosi dan sedimentasi, serta revegetasi. Luas lahan yang direncanakan untuk reklamasi mencapai 75,7 ha, dengan penebaran tanah pucuk seluas 27,47 ha dan revegetasi pada area disposal seluas 27,47 ha menggunakan tanaman lokal unggulan buah rukam dengan jarak tanam 8 × 8 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain reklamasi telah memenuhi standar teknis Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018, dengan target kerapatan tajuk ≥80%, kemiringan lereng maksimum 30°, serta sistem pengendalian erosi berupa saluran drainase dan kolam pengendap. Program reklamasi ini berpotensi efektif dalam memulihkan stabilitas lahan, mengendalikan erosi, dan mengembalikan fungsi ekologis lahan bekas tambang secara berkelanjutan.

Kata kunci: Batu Gamping, Reklamasi Tambang, Revegetasi, Tambang Terbuka

Abstract

Open pit limestone mining has the potential to cause environmental degradation, including landscape alteration, soil quality decline, and increased erosion and sedimentation risks. Therefore, mine reclamation is a crucial measure to restore the environmental functions of post-mining land. This study aims to analyze the effectiveness of the limestone mine reclamation program planned by PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. for the 2025–2029 period based on technical reclamation criteria. The research method employed a quantitative descriptive analysis of reclamation planning documents, covering land recontouring, topsoil spreading, erosion and sediment control, and revegetation activities. The total reclamation area is planned to reach 75.7 ha, with topsoil spreading over 27.47 ha and revegetation conducted on 27.47 ha of disposal areas using local pioneer species (rukam fruit trees) with a planting distance of 8 × 8 m. The results indicate that the reclamation design complies with the technical standards stipulated in the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 1827 K/30/MEM/2018, including a target canopy cover of ≥80%, a maximum slope angle of 30°, and erosion control systems in the form of drainage channels and sediment ponds. The planned reclamation program is expected to effectively restore land stability, reduce erosion, and recover the ecological functions of post-mining land in a sustainable manner.

Keywords: Limestone, Mine Reclamation, Revegetation, Open Pit Mining

Article History	Submitted: 08-06-2026	Revised: 04-08-2026	Accepted: 27-08-2026
Published by	Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya		
License	CC BY-SA 4.0		
DOI	10.36873/jtp.v26i2.26355		

1. Pendahuluan

Industri pertambangan berperan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan penyediaan bahan baku energi serta industri (Lai et al., 2021; Monteiro et al., 2021), namun pada kegiatan penambangan khususnya di tambang terbuka berpotensi menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan, seperti perubahan bentang alam, degradasi kualitas tanah, hilangnya vegetasi, serta gangguan sistem hidrologi yang dapat memicu erosi, sedimentasi, dan pembentukan lahan kritis

pascatambang (Agboola et al., 2020; Asr et al., 2019). Upaya pengelolaan dampak tersebut dilakukan melalui reklamasi tambang, yaitu serangkaian kegiatan penataan, pemulihan, dan peningkatan kualitas lingkungan lahan bekas tambang agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya, yang mencakup aspek fisik, kimia, dan biologi, seperti pengelolaan tanah pucuk, pengendalian erosi, dan revegetasi (Anafiati, 2021; Manero et al., 2020).

Di Indonesia, kewajiban reklamasi telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara beserta peraturan turunannya, namun implementasinya masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan kualitas tanah pucuk, kondisi iklim dengan curah hujan tinggi, pemeliharaan pascarevegetasi yang belum optimal, serta pengawasan yang belum merata (Salom & Kivinen, 2020; Getty & Morrison-Saunders, 2020), sehingga diperlukan kajian komprehensif mengenai pelaksanaan dan keberhasilan reklamasi tambang sebagai dasar evaluasi dan peningkatan pengelolaan lingkungan pertambangan yang berkelanjutan (Manero et al., 2020).

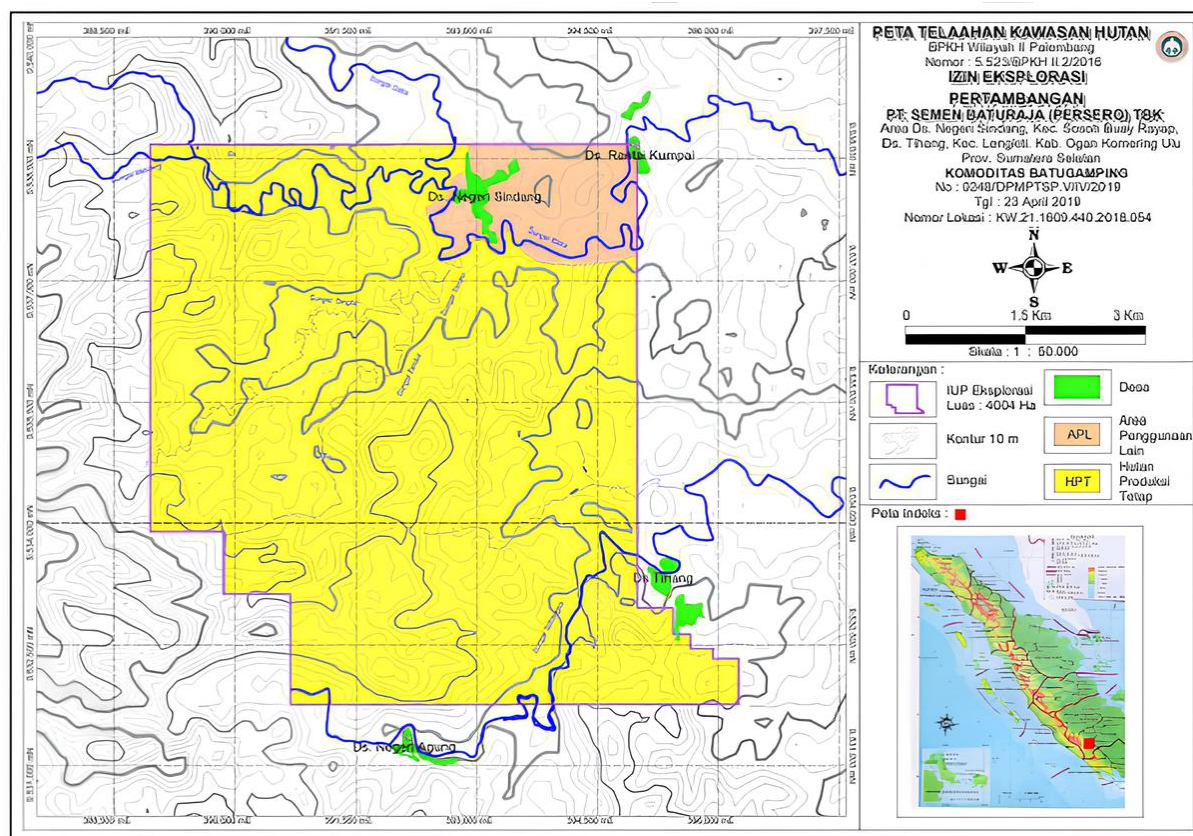
Sebagai contoh konkret di Indonesia, studi reklamasi lubang bekas tambang (void) pada PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. menunjukkan bahwa keberhasilan pemulihan lahan sangat dipengaruhi oleh kualitas media tanam dan pengelolaan kualitas air pascatambang (Rahmi et al., 2019), sementara pengalaman reklamasi tambang batu gamping di Kabupaten Tuban, Jawa Timur, memperlihatkan bahwa keterlambatan revegetasi dan minimnya pemeliharaan tanaman menjadi kendala utama pencapaian target reklamasi (Sari et al., 2019). Kedua kasus tersebut memperkuat pentingnya kajian efektivitas program reklamasi berbasis kriteria teknis, sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini.

Berdasarkan data eksisting dan Dokumen Studi Kelayakan PT Semen Baturaja tahun 2022, kondisi rona awal wilayah tambang didominasi oleh morfologi perbukitan bergelombang yang dicirikan oleh punggung bukit, lereng, lembah, serta alur-alur sungai. Singkapan batugamping yang dijumpai pada punggung bukit, sungai, dan gua menunjukkan bahwa kawasan tersebut memiliki karakter bentang alam perbukitan karst sebelum kegiatan penambangan dilakukan. Metode penambangan terbuka yang diterapkan oleh PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. pada tahap akhir kegiatan penambangan berpotensi meninggalkan lahan bekas tambang berupa cekungan dan rongga. Rongga tersebut terbentuk akibat terjadinya deformasi permanen pada massa batuan yang disebabkan oleh beban berlebih, sehingga proses penutupan lubang tidak dapat kembali ke kondisi semula dan menghasilkan perubahan pada kondisi dasar lahan (Yunandar, 2012).

Rencana reklamasi di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. diarahkan untuk membentuk bentang alam yang stabil dan tahan terhadap proses erosi (Gunn & Bailey, 1993; Buondonno et al., 2018). Selain itu, reklamasi juga bertujuan memulihkan area bekas tambang agar dapat dimanfaatkan kembali sebagai lahan yang produktif (Talento et al., 2020; Rahmi et al., 2019). Jenis pemanfaatan lahan produktif yang ditargetkan akan disesuaikan dengan rencana penatagunaan lahan pascatambang. Penetapan penatagunaan lahan pascatambang sangat dipengaruhi oleh berbagai aspek, seperti potensi ekologis kawasan tambang, aspirasi masyarakat sekitar, serta kebijakan atau kepentingan pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya (Tully et al., 2026; Salom & Kivinen, 2020). Oleh karena itu, kegiatan reklamasi dilaksanakan secara berkesinambungan sepanjang masa operasi pertambangan hingga tahap pascatambang (Manero et al., 2020).

2. Metode

Tata guna lahan daerah IUP Eksplorasi seluas 4.004 Ha (Gambar 1) yang merunut dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah II Palembang Nomor: 5.523/BPKHII.2/2016 didominasi sebagai Hutan Produksi Tetap (HPT) seluas ± 3.683 Ha yang terdapat di bagian utara barat, timur, tengah dan selatan area IUP Eksplorasi, Area Penggunaan Lain (APL) seluas 321 Hektar terdapat pada bagian utara-timur laut. Kondisi area IUP Eksplorasi dimanfaatkan warga sekitar untuk bercocok tanam yaitu sebagai perkebunan karet, kopi, jagung, dan jati.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Setelah berakhirnya masa penambangan direncanakan lahan bekas penambangan akan dijadikan perkebunan tanaman Buah Rukam, sesuai dengan rencana reklamasi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dan konsultasi publik dengan para stakeholders. Kegiatan reklamasi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk akan dilakukan pada lahan yang telah final dan pada periode 2025–2029. Pada periode ini, kegiatan reklamasi lahan bekas tambang belum dilakukan, dikarenakan *quarry* masih aktif selama penambangan tahun 2025–2029.

Pembukaan lahan tambang di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. pada periode 2025–2029 direncanakan seluas 75,7 ha dengan menggunakan metode penambangan *quarry*. Sedangkan lahan yang akan direklamasi pada periode tahun ini terdiri dari lahan bekas timbunan tanah pucuk (*soil storage*) seluas 2,2 ha, lahan timbunan tanah penutup 27,47 ha dan kegiatan reklamasi yang dilakukan pada lahan Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) berupa pengelolaan sedimen tambang dengan menggunakan tawas.

a. Teknik Reklamasi yang Direncanakan

- 1) Pengaturan Permukaan Lahan: kegiatan reklamasi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk direncanakan pada lahan yang telah mencapai kondisi akhir penambangan (*final pit*). Selama periode 2025–2029, reklamasi pada lahan bekas tambang belum dilaksanakan karena area *quarry* masih aktif digunakan untuk kegiatan penambangan. Rincian lokasi dan luas lahan yang direncanakan untuk direklamasi selama periode tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Luasan Reklamasi Lahan Bekas Tambang Tahun 2025-2029

Lokasi Kegiatan	Satuan	2025	2026	2027	2028	2029	Total (ha)
Pembukaan lahan tambang (<i>quarry</i>)	Ha	19,69	12,28	13,19	12,03	18,51	75,7
Reklamasi bekas tambang (<i>quarry</i>)	Ha	0	0	0	0	0	0

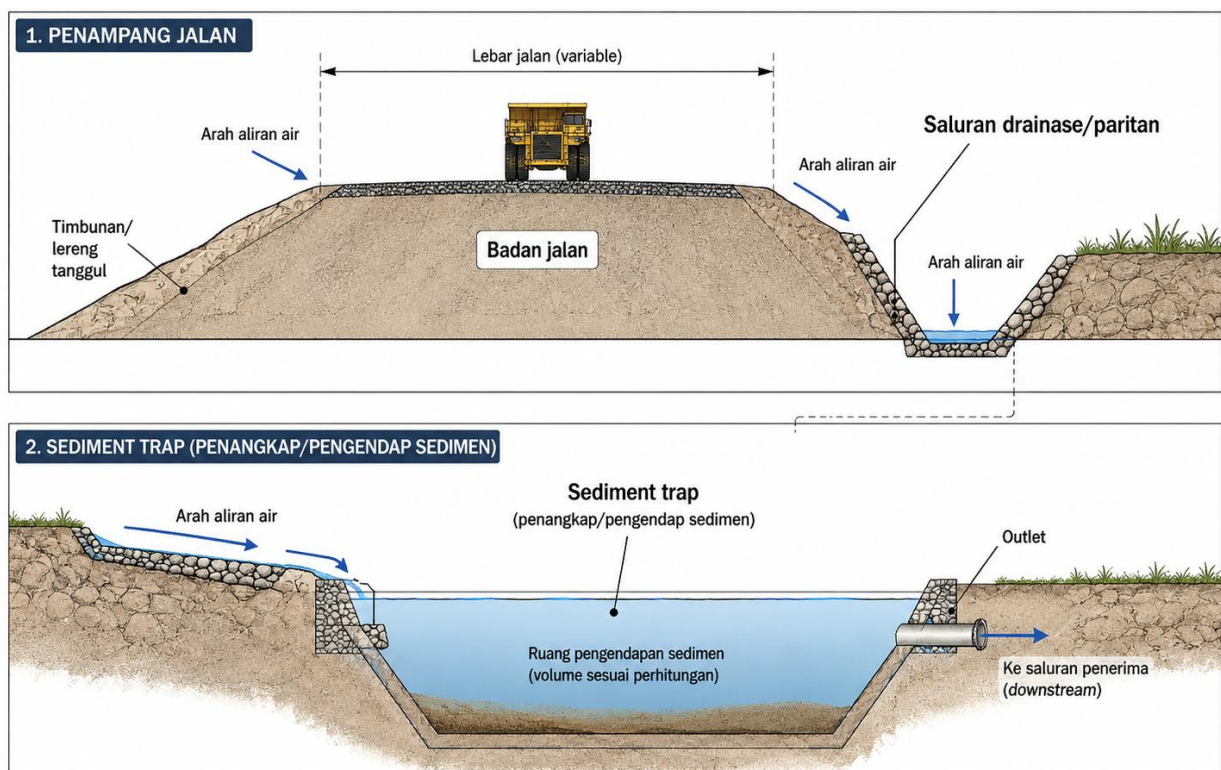
Berdasarkan Tabel 1, pembukaan lahan tambang seluas 75.70 hektar dengan lahan yang direklamasi seluas 0 ha, dikarenakan *quarry* masih aktif sampai dengan akhir periode tahun reklamasi.

- 2) Penebaran *Topsoil*: Penebaran *topsoil* dilakukan pada lahan rencana revegetasi dimana kegiatan ini dilakukan pada lokasi lahan bekas tambang yang telah final. Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan adalah pemuatan material *topsoil* dan mengangkut material pada lahan reklamasi, kemudian perataan material *topsoil* setebal 0,4 m sekaligus penataan akhir (*final grade*). Lokasi yang akan dilakukan penebaran top soil memiliki luas 27,47 Ha.

Tabel 2. Kegiatan Penebaran *Topsoil* Tahun 2025–2029

Lokasi Kegiatan	2025	2026	2027	2028	2029	Total (ha)
<i>Quarry</i>	0	0	0	0	0	0
Disposal	0	9,7	0	4,36	13,41	27,47

- 3) Pengendalian Erosi dan Sedimentasi: Usaha pengendalian erosi dan sedimentasi yang direncanakan yaitu dengan pembuatan saluran/paritan dan sedimen trap pada area yang berpotensi memiliki laju erosi tinggi. Pengendalian erosi dan sedimentasi dilakukan melalui pembangunan saluran drainase atau paritan pada sisi jalan untuk mengarahkan aliran permukaan. Pada bagian hilir atau ujung saluran drainase direncanakan pembangunan sedimen trap berupa cekungan pengendapan yang berfungsi memperlambat kecepatan aliran dan menahan material sedimen sebelum air dialirkan ke saluran utama atau badan air penerima. Adapun spesifikasi saluran yang dimaksud berdasarkan Dokumen Studi Kelayakan PT Semen Baturaja (Persero) Tbk dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2. Ilustrasi Penampang Jalan Tambang Utama dan Saluran Drainase

- 4) Revegetasi: Sesuai dengan hasil konsultasi dengan para pemangku kepentingan, revegetasi lahan pada kawasan hutan produksi tetap direncanakan dengan jenis tanaman pioner unggulan setempat. Adapun tanaman yang dipilih adalah tanaman buah Rukam.

Tabel 3. Rincian Kegiatan Revegetasi Tahun 2025–2029

Kegiatan / Lokasi	2025	2026	2027	2028	2029
Analisis kualitas tanah (contoh)	0	20	0	10	28
Penanaman LCC dan pemupukan (Ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
Pengadaan bibit (batang)	0	1.516	0	681	2.095
Penanaman (Ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
Pemeliharaan tanaman (Ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
Uji stabilitas lereng	0	4	4	4	4

3. Hasil dan Pembahasan

Kegiatan reklamasi ini dirancang menyesuaikan dengan rencana pemanfaatan akhir lahan bekas tambang, yaitu sebagai area perkebunan hortikultura (Sari et al., 2019). Berdasarkan Matrik 2 Lampiran VI Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827/K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, keberhasilan reklamasi melalui revegetasi dinilai dari beberapa kriteria, yaitu keberhasilan penatagunaan lahan, kegiatan revegetasi, pekerjaan sipil, serta penyelesaian akhir.

Rencana reklamasi tambang yang berfokus pada revegetasi lahan bekas tambang perlu memperhatikan berbagai aspek, terutama yang berkaitan dengan penyiapan lahan dan proses penanaman kembali (Végsőová & Glova, 2025). Tahapan ini sangat penting karena akan memengaruhi kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berkembang di area reklamasi. Agar hasil revegetasi dapat berjalan optimal, kondisi media tanam perlu diperhatikan dengan baik, khususnya kesuburan tanah pucuk yang telah disebarkan pada lahan yang sebelumnya ditata ulang (Clemente et al., 2004; Buondonno et al., 2018).

a. Penatagunaan Lahan

Kegiatan penimbunan pada lahan bekas tambang dimulai pada reklamasi periode tahun kedua. Material overburden dimuat dan diangkut pada lahan tambang yang telah final untuk selanjutnya dilakukan perataan dan pengaturan lahan. Kegiatan pengaturan lahan dilakukan dengan menggunakan Bulldozer D85SS yang mendorong dan menata rata-rata 15 meter sejajar kontur, kemiringan lahan diatur dengan kemiringan 2% dan drainase diarahkan agar tidak melimpas melewati lereng.

Pengaturan timbunan harus sesuai dengan rekomendasi geoteknik PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. Berdasarkan Dokumen Studi Kelayakan, desain geometri tumpukan waste mengacu kepada rekomendasi tinggi timbunan dari hasil studi geoteknik yaitu memiliki kemiringan jenjang maksimum 30°, tinggi jenjang 2 meter dan lebar jenjang 4 meter (Anafiati, 2021; Rahmi et al., 2019).

Tabel 4. Luas dan Lokasi Kegiatan Penebaran Top Soil Tahun 2025–2029

Lokasi / Kegiatan	2025	2026	2027	2028	2029
Disposal	0	9,7	0	4,36	13,41
Luas Total	0	9,7	0	4,36	13,41

Tabel 4 menyajikan luas dan lokasi kegiatan penebaran *topsoil* pada Disposal Area untuk setiap tahun periode 2025–2029. Penebaran *topsoil* dilaksanakan pada tahun-tahun yang bersamaan dengan selesainya penataan permukaan lahan, yaitu tahun 2026 (9,7 ha), 2028 (4,36 ha), dan 2029 (13,41 ha), sehingga akumulasi luas penebaran *topsoil* mencapai 27,47 ha, sesuai dengan total luas rencana revegetasi. Untuk kondisi kualitas kesuburan tanah, sesuai dengan peruntukan lahan reklamasi dan revegetasi PT Semen Baturaja (Persero) Tbk yaitu sebagai kawasan hutan yang bisa dikonservasi, maka pH tanah mengacu pada syarat tumbuh tanaman tersebut. Untuk itu perlu dilakukan analisa kualitas kesuburan tanah. Sedangkan pada kegiatan pengendalian erosi dilakukan dengan penanaman LCC, pembuatan KPL, penebaran tawas, dan pengurusan KPL.

b. Revegetasi

Kegiatan revegetasi pada periode tahun 2025–2029 difokuskan pada lahan bekas disposal area yang telah mencapai kondisi final dengan luas keseluruhan sebesar 27,47 ha. Pelaksanaan

revegetasi direncanakan pada tahun 2026 seluas 9,70 ha, tahun 2028 seluas 4,36 ha, dan tahun 2029 seluas 13,41 ha. Kegiatan diawali dengan penanaman tanaman penutup tanah (cover crop) dan dilanjutkan dengan penanaman tanaman Rukam dengan jarak tanam 8×8 m. Berdasarkan jarak tanam tersebut, kebutuhan awal tanaman Rukam adalah sekitar 156 batang/ha. Dengan memperhitungkan kebutuhan penyulaman tahun pertama sebesar 20% dan tahun kedua sebesar 10%, total kebutuhan bibit menjadi sekitar sebanyak 203 batang/ha. Dengan demikian, jumlah bibit yang diperlukan untuk revegetasi lahan seluas 27,47 ha adalah sebanyak 5.580 batang, termasuk bibit untuk penyulaman.

Tabel 5. Luas dan Lokasi Kegiatan Penanaman Tahun 2025–2029

Lokasi / Kegiatan	2025	2026	2027	2028	2029
Disposal (Ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
Jumlah tanaman (batang)	0	1.970	0	886	2.724

Penanaman tanaman disertai pemupukan dan perawatan selama 3 tahun diharapkan dapat tumbuh dengan baik hingga kerapatan tumbuh 80% (ESDM, 2018; Clemente et al., 2004).

c. Penyelesaian Akhir

Tabel 6. Kriteria Keberhasilan Reklamasi Periode Tahun 2025-2029

Rencana Kegiatan Reklamasi	Tahun				
	2025	2026	2027	2028	2029
a. Penatagunaan Lahan					
- Pengaturan permukaan lahan (ha)	0	0	0	0	0
- Penebaran tanah zona pengakaran (ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
- Pengendalian erosi dan pengelolaan air (m ³)	9,078	7,00	300	2,800	0
b. Revegetasi (ha)					
- Penanaman (ha)					
Tanaman penutup (ha)	0	9,7	0	4,36	13,41
Pohon tanaman (batang)	0	1,970	0	886	2,724
- Pertumbuhan tanaman (%)					
Tanaman penutup	90%	90%	90%	90%	90%
Pohon tanaman Rukam (batang)	90%	90%	90%	90%	90%
- Pengelolaan material pembangkit air asam tambang					
Pengelolaan material/backfilling (bcm)	0	0	0	0	0
Bangunan pengendali erosi	Tidak ada alur erosi 6-9	Tidak ada alur erosi 6-9	Tidak ada alur erosi 6-9	Tidak ada alur erosi 6-9	Tidak ada alur erosi 6-9
Kolam pengendap lumpur (pH)					
c. Penyelesaian akhir					
- Penutupan tajuk (%)	90%	90%	90%	90%	90%
- Pemeliharaan					
Pemupukan (kg)	437	437	437	437	437
- Pengendalian gulma, hama dan penyakit penyulaman	Hasil analisa Jumlah tanaman yang mati	Hasil analisa Jumlah tanaman yang mati	Hasil analisa Jumlah tanaman yang mati	Hasil analisa Jumlah tanaman yang mati	Hasil analisa Jumlah tanaman yang mati

Pada tahap akhir reklamasi, dilakukan upaya pembentukan tutupan tajuk dengan kerapatan minimal $\geq 80\%$. Tutupan ini umumnya berasal dari tanaman pionir yang berperan penting dalam

melindungi permukaan tanah dari erosi, memperbaiki kondisi fisik dan struktur tanah, serta meningkatkan kandungan bahan organik dan unsur hara. Dengan adanya proses ini, lahan bekas tambang diharapkan dapat pulih secara bertahap dan kembali memiliki fungsi ekologis maupun produktif. (Nourddine et al., 2025 ; Saleem & Ayalew, 2025). Kegiatan pemeliharaan terhadap tanaman revegetasi dilakukan selama 3 (tiga) tahun berturut-turut dan disertai perawatan berupa pengendalian gulma, hama dan penyakit. Selain itu perusahaan juga harus menyediakan bibit tanaman sebagai sulaman sebanyak 10% per hektar dari jumlah bibit yang direncanakan.

4. Simpulan

Program reklamasi tambang batu gamping PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. periode 2025–2029 secara umum telah dirancang sesuai kriteria teknis reklamasi menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Dari total rencana bukaan lahan *quarry* seluas 75,70 ha, reklamasi baru difokuskan pada lahan bekas disposal area seluas 27,47 ha melalui penataan permukaan lahan, penebaran tanah pucuk (0,40 m), pengendalian erosi-sedimentasi, dan revegetasi (jarak tanam 8×8 m; 5.580 bibit) menggunakan tanaman penutup dan Rukam, dengan target penutupan tajuk ≥80%. Penerapan geometri jenjang (kemiringan maksimum 30°, tinggi 2 m, lebar 4 m) serta infrastruktur drainase, perangkap sedimen, dan kolam pengendapan lumpur menunjukkan bahwa aspek kestabilan lahan dan pengelolaan air telah terintegrasi dalam perencanaan. Meskipun demikian, karena penelitian ini bersifat analisis dokumen dan belum mencakup evaluasi pelaksanaan lapangan, efektivitas program masih bersifat prospektif dan perlu dikonfirmasi melalui pemantauan berkala terhadap kestabilan lereng, kualitas tanah dan air, tingkat kelangsungan hidup tanaman, kerapatan tajuk, serta dinamika erosi-sedimentasi pada tahap pelaksanaan dan pemeliharaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Semen Baturaja (Persero) Tbk yang telah memberikan izin, dukungan, serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya dalam proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan dukungan teknis selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Agboola, O., Babatunde, D. E., Isaac Fayomi, O. S., Sadiku, E. R., Popoola, P., Moropeng, L., Yahaya, A., & Mamudu, O. A. (2020). A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*, 8(October), 100181. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>
- Anafiati, I. A. (2021). Reklamasi Tahap Operasi Pada Tambang Batugamping Up . Parno Reclamation of Mining Operation Stage on Up . Parno Limestone Mining in Karangasem , Ponjong , Gunungkidul , Special Region of Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 21(2), 43–50.
- Asr, E. T., Kakaie, R., Ataei, M., & Tavakoli Mohammadi, M. R. (2019). A review of studies on sustainable development in mining life cycle. *Journal of Cleaner Production*, 229, 213–231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.029>
- Buondonno, A., Capra, G. F., Di Palma, D., Grilli, E., & Vigliotti, R. C. (2018). Pedotechnologies for the Environmental Reclamation of limestone quarries. A protocol proposal. *Land Use Policy*, 71(December 2017), 230–244. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.002>
- Clemente, A. S., Werner, C., Máguas, C., Cabral, M. S., Martins-Loução, M. A., & Correia, O. (2004). Restoration of a limestone *quarry*: effect of soil amendments on the establishment of native Mediterranean sclerophyllous shrubs. *Restoration Ecology*, 12(1), 20–28. <https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00256.x>
- ESDM. (2014). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 07 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.
- ESDM. (2018). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018, Lampiran VI: Pedoman Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang serta Pascakegiatan Operasi pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Getty, R., & Morrison-Saunders, A. (2020). Evaluating the effectiveness of integrating the
- Published by Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik – Universitas Palangka Raya*

- environmental impact assessment and mine closure planning processes. *Environmental Impact Assessment Review*, 82(September 2019), 106366. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106366>
- Gunn, J., & Bailey, D. (1993). Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology*, 21(3), 167–172. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00775301>
- Lai, F., Beylot, A., Navarro, R., Schimek, P., Hartlieb, P., Johansson, D., Segarra, P., Amor, C., & Villeneuve, J. (2021). The environmental performance of mining operations: Comparison of alternative mining solutions in a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 315(October 2020), 128030. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128030>
- Manero, A., Kragt, M., Standish, R., Miller, B., Jasper, D., Boggs, G., & Young, R. (2020). A framework for developing completion criteria for mine closure and rehabilitation. *Journal of Environmental Management*, 273(July), 111078. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111078>
- Monteiro, N. B. R., Bezerra, A. K. L., Moita Neto, J. M., & Silva, E. A. Da. (2021). Mining law: In search of sustainable mining. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13020867>
- Nestio, A., D'Ambrosio, G., Ghisellini, P., Maselli, G., & Ulgiati, S. (2024). Environmental reclamation of limestone mining sites in Italy: Financial evaluation, challenges and proposals for sustainable development. *Resources Policy*, 89, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104534>
- Nourddine, M., Anas, Z., El Habti, M. Y., & Abdelkrim, E. A. (2025). Development of a standard model for quarry rehabilitation enabling their integration into the natural environment: Case study. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 26(9), 81–91. <https://doi.org/10.12912/27197050/209235>
- Peraturan Pemerintah. (2001). Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Undang-Undang. (2020). Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Rahmi, H., Susetyo, D., & Juniah, R. (2019). *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability Utilization Study of Void Mine For Sustainable Environment of The Limestone Mining Sector at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk*. <https://doi.org/11.26554/ijems.2219.3.2.54-59>
- Saleem, H. A., & Ayalew, A. T. (2025). Enhancing environmental sustainability and operational efficiency in a case study of limestone quarry in an arid climate. *Scientific Reports*, 15(1), 18884. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-01230-9>
- Salom, A. T., & Kivinen, S. (2020). Closed and abandoned mines in Namibia: a critical review of environmental impacts and constraints to rehabilitation. *South African Geographical Journal*, 102(3), 389–405. <https://doi.org/10.1080/03736245.2019.1698450>
- Sari, A. S., Ediwana, A. B., & Pangestika, A. D. (2019). Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Batugamping Kab. Tuban, Provinsi Jawa Timur. Dalam *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 1, No. 1, hal. 22–31). <https://doi.org/10.31284/j.semitan.2019.822>
- Talento, K., Amado, M., & Kullberg, J. C. (2020). Quarries: From abandoned to renewed places. *Land*, 9(5), 136. <https://doi.org/10.3390/land9050136>
- Tully, G. N., Holt, O., Yellishetty, M., Farrelly, M. A., Whittle, D., & Bach, P. M. (2026). Opportunities for social sustainability through local governance of mine and quarry restoration. *The Extractive Industries and Society*, 25, 101797. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2025.101797>
- Végsőová, O. G., & Glova, J. (2025). Methodological Framework for Evaluating Quarry Reclamation Based on the Reclamation Quality Index. *Land*, 14(8), 1557. <https://doi.org/10.3390/land14081557>
- Yunandar, Y. Status Kualitas Perairan dan Biota pada Bekas Galian Tambang Void Tertutup Pit 4 Pinang Kecamatan Sungai Pinang Kabupaten Banjar. *EnviroSciencieae*, 8(1), 45–53. <http://dx.doi.org/10.20527/es.v8i1.2068>