



CELIOS

MENGGUGAT EKSTRAKTIVISME SEMEN

VALUASI JASA LINGKUNGAN KARST
PRACIMANTORO, JAWA TENGAH

Bhima Yudhistira Adhinegara • Panji Kusumo • Jaya Darmawan

2025

MENGGUGAT EKSTRAKTIVISME SEMEN

VALUASI JASA LINGKUNGAN KARST PRACIMANTORO, JAWA TENGAH

Penulis	Bhima Yudhistira Adhinegara Panji Kusumo Jaya Darmawan
Desain & Tata Letak	Mazdan Maftukha Assyayuti
Publikasi	Agustus 2025
Penerbit	Center of Economic and Law Studies (CELIOS) Jakarta, Indonesia
Alamat Surat Elektronik	admin@celios.co.id
Situs Web	www.celios.co.id
Hak Cipta	© 2025 CELIOS CELIOS memegang hak cipta publikasi ini, termasuk teks, analisis, logo, dan desain tata letak. Permintaan untuk memperbanyak sebagian atau seluruh isi publikasi dikirimkan ke admin@celios.co.id.
Ucapan Terima Kasih	Kami berterima kasih kepada seluruh tim penulis atas dedikasi mereka dalam mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan merumuskan temuan-temuan yang menarik. Apresiasi juga kami berikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan pendapat, dan saran konstruktif untuk mendukung argumen dan memperdalam analisis dalam studi ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih yang berarti bagi kualitas kebijakan dan keadilan ekonomi di Indonesia.
Sampul	Dokumentasi CELIOS, 2025.

DAFTAR ISI

1	PENDAHULUAN
3	DALIH PEMBANGUNAN PERTAMBANGAN DAN PABRIK SEMEN DI TENGAH OVERSUPPLY PRODUKSI
5	ASUMSI UMUM DAN CAKUPAN KAJIAN
5	Asumsi Umum dan Limitasi Kajian
5	Asumsi Luas Kerusakan Lahan
7	Asumsi Jangka Waktu dan Skenario Kerusakan
8	Asumsi Pola Kerusakan Lingkungan
10	VALUASI BIAYA LINGKUNGAN
10	Valuasi Potensi Jasa Lingkungan Air
11	Valuasi Biaya Air Rumah Tangga
13	Valuasi Biaya Degradasi Pertanian Padi
16	Biaya Kehilangan Serapan Karbon
17	Biaya Kehilangan Biodiversitas
18	Valuasi Biaya Kesehatan
23	Kerugian Total
26	KESIMPULAN
27	REKOMENDASI: Menggugat Pembangunan Ekstraktif, Merawat Karst, Menjamin Masa Depan
31	LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

6 Gambar 1

Peta Wilayah IUP Tambang Batu Gamping dan Pabrik Semen di Kecamatan Pracimantoro

7 Gambar 2

Peta Administratif Kecamatan Pracimantoro dan Area IUP serta Pabrik Semen

DAFTAR GRAFIK

3 Grafik 1

Tren Pertumbuhan Kapasitas, Konsumsi, dan Utilitas Industri Semen di Indonesia

24 Grafik 3

Komparasi Biaya Skenario 1 dan Skenario 2 Selama 70 tahun

9 Grafik 2

Proyeksi Linear Kerusakan Area Karst

DAFTAR TABEL

9 Tabel 1

Proyeksi Luasan Karst yang Telah Rusak Ditambang pada Tahun ke-15, 20, 50, dan 70 menurut Kedua Skenario

21 Tabel 7

Biaya Kesehatan menurut Skenario 1 dan Skenario 2

11 Tabel 2

Biaya Air Rumah Tangga menurut Skenario 1 dan Skenario 2

23 Tabel 8

Total Biaya Lingkungan menurut Skenario 1 dan Skenario 2

14 Tabel 3

Biaya Pertanian Padi menurut Skenario 1 dan Skenario 2

23 Tabel 9

Rincian Komponen Biaya Lingkungan menurut Skenario 1 dan Skenario 2

16 Tabel 4

Biaya Serapan Karbon menurut Skenario 1 dan Skenario 2

25 Tabel 10

Jasa Air dan Serapan Karbon yang Hilang pada Skenario 1

18 Tabel 5

Biaya Biodiversitas menurut Skenario 1 dan Skenario 2

25 Tabel 11

Jasa Air dan Serapan Karbon yang Hilang pada Skenario 2

20 Tabel 6

Jarak Desa terhadap Lokasi Pabrik Semen dan Prevalensi COPD



Temuan Utama

Adapun rincian dari kerugian lingkungan total pada tahun ke-15, 20, 50, dan 70 sesuai dengan simulasi Skenario 1 dan Skenario 2 adalah sebagai berikut

Skenario 1

Tahun	Tahun	Tahun	Tahun
15	20	50	70
Biaya Kesehatan Rp1,9 T	Biaya Kesehatan Rp2,6 T	Biaya Kesehatan Rp6,4 T	Biaya Kesehatan Rp9 T
Biaya Air Rumah Tangga Rp0,3 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp0,5 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp1,3 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp1,8 T
Kerugian Pertanian Padi Rp0,2 T	Kerugian Pertanian Padi Rp0,5 T	Kerugian Pertanian Padi Rp4,9 T	Kerugian Pertanian Padi Rp10,2 T
Biaya CO ₂ Rp0,24 M	Biaya CO ₂ Rp0,42 M	Biaya CO ₂ Rp2,47 M	Biaya CO ₂ Rp4,72 M
Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp0,09 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp0,2 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp0,9 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp1,7 T
Total Kerugian Lingkungan Rp2,51 T	Total Kerugian Lingkungan Rp3,65 T	Total Kerugian Lingkungan Rp13,42 T	Total Kerugian Lingkungan Rp22,71 T

Skenario 2

Tahun 15	Tahun 20	Tahun 50	Tahun 70
Biaya Kesehatan Rp1,9 T	Biaya Kesehatan Rp2,6 T	Biaya Kesehatan Rp6,4 T	Biaya Kesehatan Rp9 T
Biaya Air Rumah Tangga Rp0,4 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp0,5 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp1,3 T	Biaya Air Rumah Tangga Rp1,8 T
Kerugian Pertanian Padi Rp0,4 T	Kerugian Pertanian Padi Rp0,8 T	Kerugian Pertanian Padi Rp7,2 T	Kerugian Pertanian Padi Rp13,5 T
Biaya CO ₂ Rp0,32 M	Biaya CO ₂ Rp0,56 M	Biaya CO ₂ Rp3,34 M	Biaya CO ₂ Rp5,94 M
Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp0,1 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp0,2 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp1,2 T	Biaya Kerusakan Biodiversitas Rp2,1 T
Total Kerugian Lingkungan Rp2,76 T	Total Kerugian Lingkungan Rp4,08 T	Total Kerugian Lingkungan Rp16,14 T	Total Kerugian Lingkungan Rp26,49 T

Estimasi Jasa Air dan Serapan Karbon yang Hilang
Akibat Tambang Batu Gamping di Tahun Ke-70

Skenario 1	Skenario 2
Total Kehilangan Jasa Air 1.131.160.511 m³	Total Kehilangan Jasa Air 1.422.932.569 m³
Total Kehilangan Serapan Karbon 49.185.623 kg CO₂	Total Kehilangan Serapan Karbon 61.872.585 kg CO₂

PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Kronologi Rencana Pembangunan Pabrik Semen dan Tambang Batu Gamping di Kecamatan Pracimantoro

Rencana pembangunan pertambangan batu gamping dan pabrik semen di Kecamatan Pracimantoro, Kabupaten Wonogiri, telah memunculkan kekhawatiran besar dari sisi ekologis, sosial, dan ekonomi. Alih-alih memberikan manfaat bagi perekonomian, berbagai praktik penambangan batu gamping untuk industri semen justru menimbulkan masalah baru.

Kawasan Pracimantoro ini merupakan bagian dari bentang alam karst Gunung Sewu yang ditetapkan sebagai UNESCO Global Geopark sejak 2023, semenjak penetapan pertama pada 2015. Karst di wilayah ini berfungsi vital sebagai penyimpan air, penyeimbang iklim mikro, serta penyokong keanekaragaman hayati. Jika dieksploitasi untuk kebutuhan industri semen, kerusakan yang terjadi bersifat permanen dan mengancam keberlanjutan sumber daya lingkungan yang justru menjadi penopang hidup masyarakat lokal.

Dari sisi sosial-ekonomi, pembangunan tambang dan pabrik semen berpotensi menimbulkan konflik horizontal karena mengancam lahan pertanian produktif yang selama ini menjadi sumber pangan sekaligus mata pencaharian warga. Sedikitnya 6 desa terdampak langsung, yaitu Petirsari, Joho, Bambirmanis, Watangrejo, Suci, dan Sambiroto, dengan lahan seluas hingga 598 ha direncanakan masuk dalam konsesi perusahaan. Kehilangan lahan tersebut berarti warga harus beralih dari petani mandiri menjadi buruh industri, dengan pendapatan yang relatif tidak sebanding. Hal ini juga menimbulkan ancaman serius terhadap kedaulatan pangan lokal, mengingat sebagian besar masyarakat Pracimantoro masih sangat bergantung pada hasil pertanian untuk kebutuhan sehari-hari.

Situasi semakin memanas ketika tiba-tiba muncul dokumen Analisis Dampak Lingkungan (ANDAL) berjudul “Analisis Dampak Lingkungan: Rencana Kegiatan Industri Semen oleh PT Anugerah Andalan Asia dengan Rencana Kegiatan Tahap Operasi Produksi Pertambangan Mineral Bukan Logam Komoditas Batu Gamping untuk Semen oleh PT Sewu Surya Sejati di Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah.” yang diterbitkan Juni 2024. Dokumen ini disusun tanpa melibatkan partisipasi publik secara memadai, khususnya warga terdampak langsung di enam desa. Berbagai data, informasi, dan temuan yang tercantum dalam dokumen ANDAL tersebut segera disanggah oleh warga bersama tim ahli independen.¹

¹ Paguyuban Talijiwa (2025), *Surat Penolakan Pendirian Pabrik Semen dan Penyanggahan Dokumen Analisis Dampak Lingkungan Hidup (AMDAL) Rencana Kegiatan Industri Semen Oleh PT. Anugerah Andalan Asia Dengan Rencana Kegiatan Tahap Operasi Produksi Pertambangan Mineral Bukan Logam Komoditas Batu Gamping Untuk Semen oleh PT. Sewu Surya Sejati Kecamatan Pracimantoro Kabupaten Wonogiri*.

Temuan warga menunjukkan bahwa ANDAL minim partisipasi publik, data tidak akurat dan tidak kontekstual, mengabaikan dampak kritis pada ekosistem karst, mengabaikan ketahanan pangan warga, tidak mendalam memitigasi risiko konflik sosial, tidak memperhitungkan aspek manfaat ekonomi atau *cost and benefit analysis*, dan lemah dalam analisis risiko bencana. Fakta ini memperkuat persepsi bahwa proses ANDAL dilakukan hanya sebagai formalitas administratif untuk memperlancar izin, bukan sebagai instrumen perlindungan lingkungan dan sosial.

Selain itu, aspek politik-ekologis juga tak kalah penting. Sejak awal 2025, gerakan penolakan warga terhadap tambang dan pabrik semen semakin menguat. Petisi daring telah mengumpulkan ribuan tanda tangan hingga 2.223 per 2 Agustus 2025², aksi penolakan dan audiensi digelar ke kantor Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Jawa Tengah, meskipun warga dilarang membawa tim ahli. Selain itu, desakan revisi terhadap Peraturan Bupati Nomor 1 Tahun 2024 tentang Rencana Detail Tata Ruang Wilayah Perencanaan Gunung Sewu Segmen Wonogiri 2024-2044, yang menjadi payung kebijakan bagi masuknya proyek ini. Penolakan warga menegaskan bahwa proyek industri ekstraktif di kawasan karst bukan hanya masalah lingkungan, tetapi juga menyangkut hak atas tanah, ruang hidup, dan keberlanjutan ekonomi masyarakat desa.

Plot Perlawanan Tolak Pertambangan dan Pabrik Semen

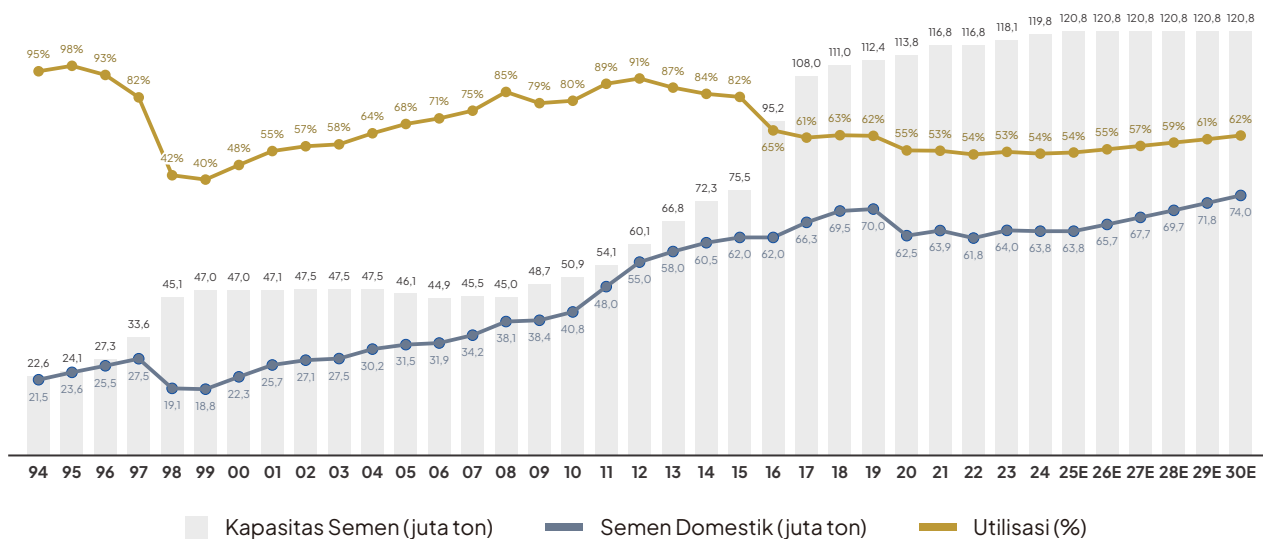
2015		Juni 2024	14 April 2025
Penetapan Pertama Karst Gunung Sewu UNESCO Global Geopark		Dokumen ANDAL dirilis (tanggal dalam dokumen)	Audiensi ke DPRD Wonogiri dengan Lima Tuntutan Penolakan Semen
2015	2021–2023	2024	2025
	2021–2023 Klaim Andal: Konsultasi Publik yang tidak partisipatif dan bermakna	4 Maret 2025 Deklarasi Penolakan Warga dengan membentuk Laskar Talijiwa	Juni 2025 Petisi Penolakan dan Audiensi Menolak Semen ke DLHK Jateng

Dengan kondisi ini, rencana pembangunan tambang dan pabrik semen di Pracimantoro tidak bisa hanya dilihat dari sisi investasi industri semata. Riset lebih mendalam perlu dilakukan untuk mengukur dampak ekologis, sosial-ekonomi, serta efektivitas kebijakan tata ruang dan ANDAL yang menjadi dasar perizinan proyek. Penelitian ini akan berfokus pada Kajian Valuasi Lingkungan Kawasan Pracimantoro dan diharapkan menjadi basis penting untuk advokasi warga, sekaligus rekomendasi kebijakan agar pembangunan tidak menegasikan keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

² Change.org (2025), *Tolak Rencana Pendirian Pabrik dan Tambang Semen di Kawasan Karst Pracimantoro Wonogiri!*. https://www.change.org/p/tolak-rencana-pendirian-pabrik-dan-tambang-semen-di-kawasan-karst-pracimantoro-wonogiri?recruiter=1374860944&recruited_by_id=1afa5500-3bb8-11f0-87dd-b58a4c5b3e06&utm_source=share_petition&utm_campaign=share_petition&utm_medium=copylink&utm_content=cl_sharecopy_490589105_id-ID%3A3

DALIH PEMBANGUNAN PERTAMBAHAN DAN PABRIK SEMEN DI TENGAH OVERSUPPLY PRODUKSI

Grafik 1. Tren Pertumbuhan Kapasitas, Konsumsi, dan Utilitas Industri Semen di Indonesia



Sumber : Kemenperin, INTP (2025)

Tren industri semen Indonesia sejak tahun 2014 menunjukkan adanya *overcapacity* struktural yang semakin parah. Kapasitas terpasang telah meningkat drastis, dari sekitar 22,6 juta ton pada 1994 menjadi hampir 120 juta ton pada 2024 dan diproyeksi naik di tahun 2025. Sementara itu, permintaan domestik hanya tumbuh hingga sekitar 70 juta ton atau mencapai puncaknya pada tahun 2019 dan kemudian sempat mengalami penurunan hingga -4,1% hingga 2022, serta diproyeksi hanya tumbuh 1,1% di tahun 2025. Menurut data Asosiasi Semen Indonesia (ASI)³, produksi semen pada semester I/2025 mengalami penurunan 5,8% yoy dibandingkan periode yang sama sebelumnya dari 30,53 juta ton menjadi hanya 28,76 juta ton.

Kondisi ini diikut kinerja buruk di sisi penjualan, yang mana terjadi penurunan 2,5% di semester I 2025 dibandingkan tahun sebelumnya 2024. Hal ini terjadi akibat penurunan daya beli masyarakat, perlambatan proyek infrastruktur nasional, situasi *oversupply*, dan rendahnya utilisasi pabrik sebesar 53%.

³ Bisnis Indonesia (2025), *Penjualan Semen Semester I/2025 Lesu, Proyek IKN dkk Sepi Permintaan*. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20250813/257/1902030/penjualan-semen-semester-i2025-lesu-proyek-ikn-dkk-sepi-permintaan>

Utilisasi pabrik semen turun dari level efisien di atas 90% (2013) menjadi 53% pada 2022, dan diperkirakan hanya akan mencapai sekitar 62% hingga tahun 2030. Dalam industri semen yang padat modal, utilisasi di bawah 70% sudah mencerminkan tingkat inefisiensi yang tinggi menyebabkan biaya tetap per ton melonjak, margin menipis, serta persaingan harga semakin tajam.

Dengan kondisi permintaan yang stagnan atau bahkan menurun, kapasitas nasional yang jelas-jelas berlebihan, serta terbatasnya peluang ekspor, serta biaya logistik yang tinggi dan persaingan harga internasional yang ketat, maka penambahan pabrik atau tambang semen baru tidak memiliki dasar ekonomi yang rasional. Praktik seperti akuisisi mungkin menunda kerugian, tetapi tidak bisa mengubah realitas struktural *oversupply*. Kondisi ini menunjukkan bahwa upaya ekspansi lebih lanjut hanya akan memperparah ketidakseimbangan, merugikan industri secara keseluruhan, serta menambah dampak negatif ekologis, terutama di kawasan karst, yang sebenarnya memiliki nilai jasa ekosistem jauh lebih tinggi dibanding potensi ekonomi dari perluasan industri semen.



ASUMSI UMUM DAN CAKUPAN KAJIAN

1 Asumsi Umum dan Limitasi Kajian

Kajian ini menghitung valuasi biaya lingkungan yang timbul akibat aktivitas pabrik semen dan penambangan batu gamping di kawasan karst Gunung Sewu yang masuk dalam wilayah Kecamatan Pracimantoro, Kabupaten Wonogiri. Valuasi biaya lingkungan yang dihitung merupakan biaya yang timbul dan dibebankan kepada publik baik akibat kerusakan bentang alam karst di area tersebut maupun aktivitas produksi pabrik semen.

Penghitungan biaya lingkungan pada kajian ini dilakukan dengan memproyeksikan biaya lingkungan yang timbul di masa depan dalam nilai Rupiah di waktu kajian ini dibuat; yaitu pada Juli-Agustus 2025. Kajian ini menilai biaya lingkungan yang terjadi melalui dua tipe biaya: biaya lingkungan yang timbul pada tahun tersebut dan akumulasi biaya lingkungan total hingga tahun tersebut.

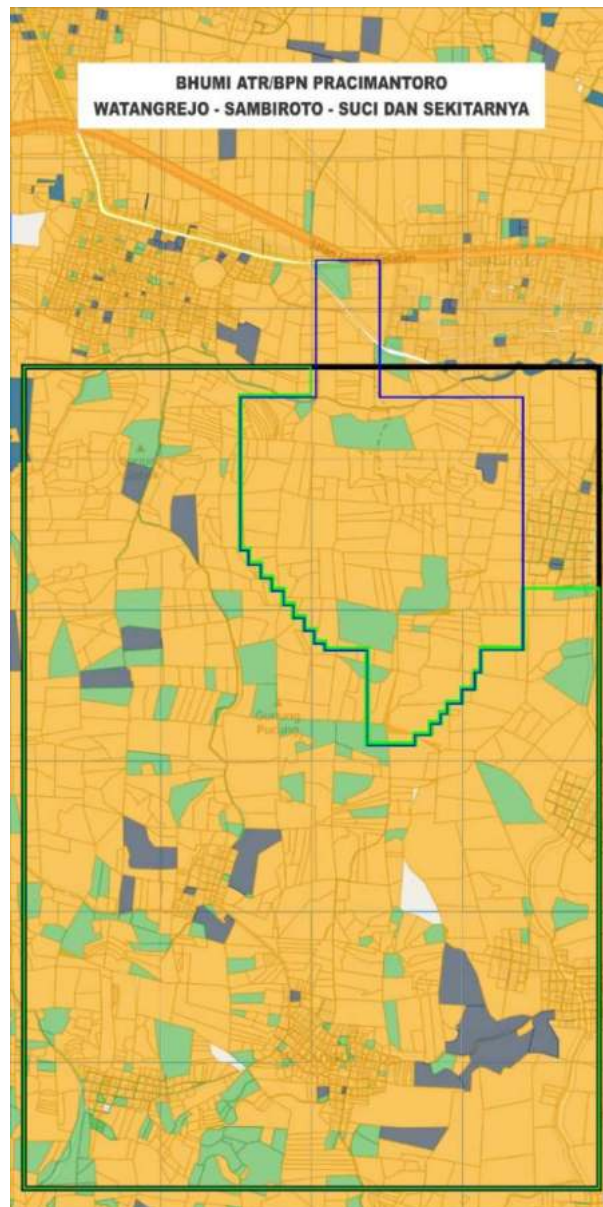
Dikarenakan keterbatasan sumber daya dan waktu, maka terdapat beberapa keterbatasan dalam kajian ini. Pertama, kajian ini tidak memasukkan komponen biaya yang timbul akibat pembangunan pabrik semen beserta instalasinya. Kajian ini tidak mensimulasikan biaya lingkungan yang timbul pada saat pembangunan fasilitas pabrik semen.

Kedua, biaya lingkungan yang dihitung hanya mencakup biaya timbul untuk area Kecamatan Pracimantoro serta warga lokal saja. Kajian ini tidak memasukkan biaya lingkungan yang diakibatkan oleh pabrik semen dan tambang batu gamping namun ditanggung oleh area di luar Kecamatan Pracimantoro ataupun aparatus pabrik semen dan tambang pasir yang bukan merupakan warga Kecamatan Pracimantoro.

2 Asumsi Luas Kerusakan Lahan

Penghitungan biaya lingkungan ini akan berdasarkan area karst di Kecamatan Pracimantoro yang direncanakan akan dijadikan tambang batu gamping serta pabrik semen. Batu gamping merupakan salah satu input utama pada proses produksi semen dan karenanya lokasi dari pabrik semen biasanya dekat dengan area penambangan batu gamping (*limestone quarry*). Dalam kasus pabrik semen dan tambang batu gamping di Pracimantoro, lokasi pabrik semen dan tambang batu gamping ini kurang lebih bersebelahan dan berlokasi di kompleks industri yang sama.

Gambar 1. **Peta Wilayah IUP Tambang Batu Gamping dan Pabrik Semen di Kecamatan Pracimantoro**

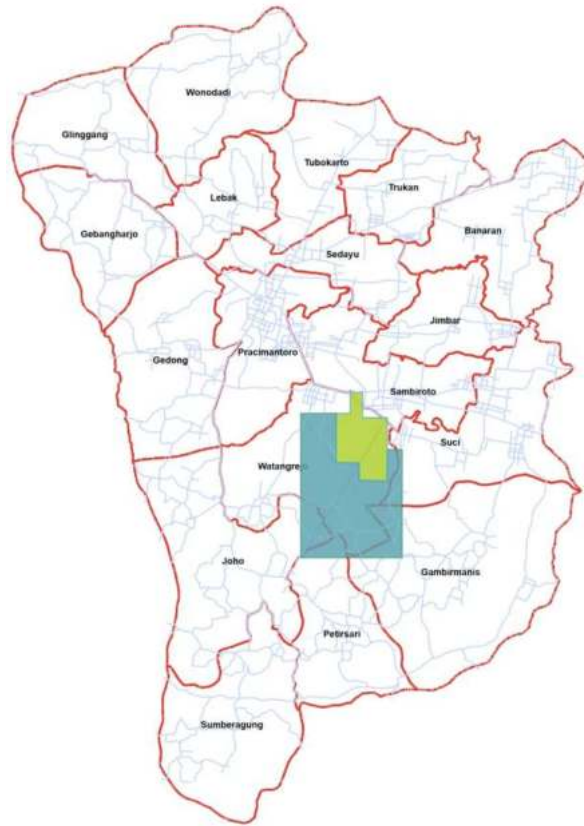


Sumber : Laskar Talijiwa (2025)

Berdasarkan nilai yang tertera dalam dokumen ANDAL serta didukung oleh informasi yang dikumpulkan oleh Paguyuban Talijiwa dari warga setempat, maka diketahui bahwa total luas Izin Usaha Pertambangan atau IUP di kawasan Karst Pracimantoro adalah 598 ha.

Keseluruhan area IUP ini dapat dilihat pada Gambar 1, di mana area ini direpresentasikan sebagai area di dalam kotak besar. Secara administratif, area IUP ini mencakup wilayah dari 6 desa di Kecamatan Pracimantoro; yaitu desa Watangrejo, Sambiroto, Suci, Gambirmanis, Petirsari, dan Joho (Gambar 2). Menurut dokumen ANDAL yang didapatkan tim penulis, izin IUP di dalam area IUP ini memiliki masa berlaku hingga 70 tahun.

Gambar 2. **Peta Administratif Kecamatan Pracimantoro dan Area IUP serta Pabrik Semen**



Sumber : Laskar Taliwi (2025)

Namun tidak keseluruhan dari luasan IUP ini akan dieksploitasi dari awal. Untuk tahap pertama akan dilakukan pembangunan dan operasi pabrik semen terlebih dahulu beserta penambangan batu gamping di dalam area yang lebih terbatas. Tahap pertama ini akan berisi pembangunan serta operasional pabrik semen dengan kapasitas 4.000 ton per tahun dan eksploitasi penambangan batu gamping di dalam area IUP seluas 186 ha. Pada Gambar 1, area yang akan dieksploitasi pada tahap pertama ini direpresentasikan sebagai area berbentuk irregular yang berada di dalam area IUP. Kedua aktivitas tahap pertama ini menurut ANDAL diestimasi akan memakan waktu sekitar 20 tahun.

3 Asumsi Jangka Waktu dan Skenario Kerusakan

Namun perlu diingat bahwa jangka waktu 20 dan 70 tahun yang disebutkan di atas merupakan jangka waktu maksimum. Pada prakteknya cadangan sumber daya tambang seringkali habis sebelum masa waktu yang ditetapkan. Terdapat probabilitas bahwa area 186 ha tersebut dapat habis sebelum 20 tahun dan keseluruhan IUP akan habis dieksploitasi sebelum mencapai 70 tahun.

Oleh karena itu, maka perhitungan valuasi kerugian lingkungan akan dilakukan berdasarkan dua skenario. Skenario pertama bersifat normatif, sementara skenario kedua menggunakan asumsi penambangan area IUP yang lebih cepat:

	SKENARIO 1	SKENARIO 2
Total Luas IUP	598 ha	598 ha
Tahap 1 (Karst)	186,13 ha ditambang dalam 20 tahun	186,13 ha ditambang dalam 15 tahun
Tahap 2 (Sisa IUP)	411,87 ha ditambang dalam 50 tahun	411,87 ha ditambang dalam 35 tahun
Total Durasi IUP	70 tahun (20 + 50)	50 tahun (15 + 35)
Pola Eksploitasi	Lebih lambat, dampak lingkungan terakumulasi bertahap	Lebih cepat, dampak lingkungan muncul lebih dini dan intensif
Risiko Ekologis	Kerusakan lebih tersebar dalam jangka panjang	Kerusakan lebih cepat terjadi, ekosistem karst tertekan lebih awal
Risiko Sosial-Ekonomi	Konflik sosial dan tekanan ekonomi cenderung lebih lambat	Konflik sosial dan ekonomi lebih cepat meningkat karena percepatan eksploitasi
Titik Evaluasi Biaya Lingkungan	Tahun ke-15, ke-20, ke-50, ke-70	Tahun ke-15, ke-20, ke-50, ke-70

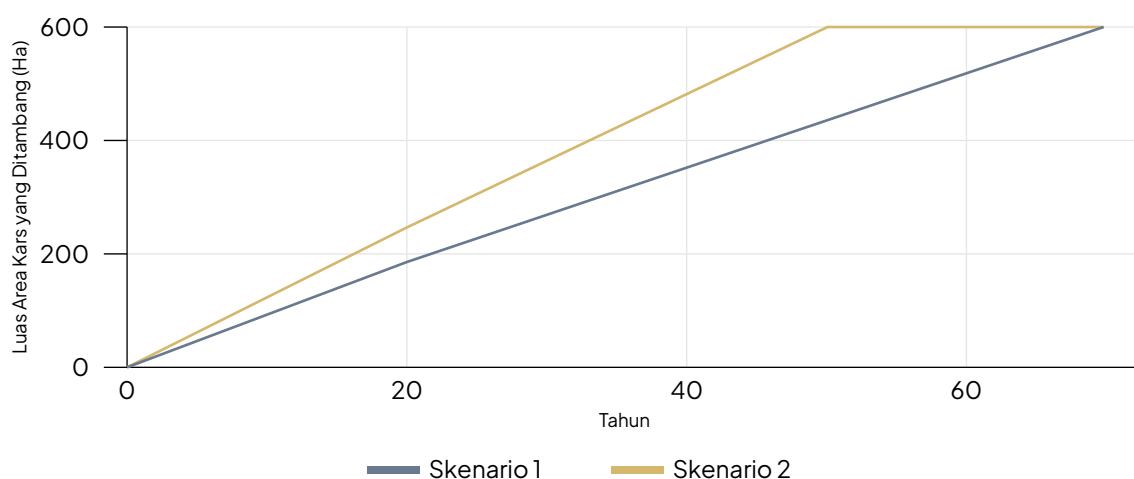
Pada kedua skenario ini diasumsikan bahwa pada saat yang sama pabrik semen juga beroperasi tanpa interupsi berarti sesuai dengan kapasitasnya.

Berdasarkan kedua skenario di atas, maka kajian ini akan menghitung biaya yang timbul hingga tahun ke-70, dan terutama akan menyorot akumulasi total biaya yang timbul pada tahun ke-15, 20, 50, dan 70, sesuai dengan tenggat waktu yang ada pada kedua skenario. Dalam hal ini perhitungan biaya lingkungan untuk Skenario 2 tetap akan dilakukan hingga tahun ke-70 meskipun aktivitas pertambangan telah berhenti. Hal ini dikarenakan biaya yang timbul akibat kerusakan lingkungan tetap terjadi meskipun sudah tidak ada lagi aktivitas tambang. Selain itu diasumsikan juga bahwa pabrik semen akan tetap beroperasi walaupun tambang batu gamping telah ditutup.

4 Asumsi Pola Kerusakan Lingkungan

Selain asumsi luasan wilayah dan jangka waktu estimasi biaya, terdapat pula asumsi pola kerusakan yang terjadi. Dengan beberapa pengecualian, diasumsikan bahwa kerusakan area karst yang terjadi bersifat linear. Hal ini artinya jumlah produksi semen, jumlah batu gamping yang ditambang, serta jumlah luasan karst yang hilang tiap tahunnya memiliki nilai yang sama; stabil dan tidak berubah dari tahun ke tahun.

Grafik 2. **Proyeksi Linear Kerusakan Area Karst**



Sumber : diolah Penulis.

Tabel 1. **Proyeksi Luasan Karst yang Telah Rusak Ditambang pada Tahun ke-15, 20, 50, dan 70 menurut Kedua Skenario**

Tahun	Proyeksi Luasan Area Karst yang Telah Ditambang (m ²)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	1.395.975	1.861.300
20	1.861.300	2.449.686
50	4.332.520	5.980.000
70	5.980.000	5.980.000

Sumber : diolah Penulis.

Proyeksi linear ini dapat dilihat pada Grafik 2, adapun jumlah area karst yang ditambang dan dianggap rusak pada tahun ke-15, 20, 50, dan 70 dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk Skenario 2, diasumsikan bahwa keseluruhan IUP telah habis pada tahun ke-50 dengan luas area yang ditambang telah mencapai 598 ha. Namun kajian ini akan tetap menghitung biaya lingkungan yang timbul bahkan setelah luasan karst telah habis. Pada masa setelah luasan 598 ha ini sudah habis, diasumsikan bahwa tidak ada upaya reklamasi bekas tambang dan revitalisasi lingkungan yang berarti; dan biaya lingkungan yang terakumulasi tiap tahunnya akan sama dengan biaya maksimum per tahun. Penghitungan akumulasi biaya ini akan berlanjut hingga tahun ke-70, hingga menyamai rentang waktu Skenario 1.

VALUASI BIAYA LINGKUNGAN

1 Valuasi Potensi Jasa Lingkungan Air

Berdasarkan Kajian Valuasi Ekonomi Jasa Lingkungan KBAK Gunung Sewu⁴, maka formula perhitungan penyediaan jasa air bersih zona karst adalah sebagai berikut:

- Persentase curah hujan tahunan menurut penggunaan lahan x Luas zona kawasan batu gamping yang masuk dalam IUP x Kedalaman zona epikarst x Persentase zona epikarst

Area karst yang terdapat di Kecamatan Pracimantoro merupakan bagian dari zona epikarst Gunung Sewu sehingga memiliki beberapa karakteristik geologis yang serupa. Oleh karena itu, beberapa parameter dari Kajian Valuasi Ekonomi Jasa Lingkungan KBAK Gunung Sewu dapat digunakan untuk menghitung valuasi potensi jasa lingkungan air di Pracimantoro. Dari data tersebut serta data-data pendukung dari BPS, maka dapat diketahui bahwa:

- a Curah hujan Kabupaten Wonogiri pada 2024 menurut BPS⁵: 1.980 mm
- b Persentase serapan menurut penggunaan lahan: 50%
- c Luas zona kawasan batu gamping yang masuk dalam IUP: 598 ha
- d Rerata kedalaman zona epikarst di Pracimantoro: 15 m
- e Persentase porositas zona epikarst di Pracimantoro: 35%

Maka dapat dihitung bahwa total jasa penyediaan air bersih per tahunnya yang berpotensi untuk hilang adalah sejumlah **31.081.050 meter kubik**. Sementara itu harga air menurut PDAM Wonogiri adalah sekitar Rp7.400 per meter kubik. Sehingga dapat dihitung bahwa nilai jasa lingkungan air dari area KBAK yang akan dijadikan tambang adalah **Rp230 miliar per tahunnya**.

Meskipun nilai jasa lingkungan air dari kawasan karst Pracimantoro ini besar, namun angka Rp230 miliar ini tidak akan disertakan dalam penghitungan biaya yang timbul akibat keberadaan pabrik semen dan tambang batu gamping. Hal ini dikarenakan nilai valuasi jasa air ini hanya merupakan nilai 'potensial' jasa lingkungan. Biaya yang timbul akibat hilangnya jasa air ini akan disertakan dalam bentuk Biaya Air Minum dan Air Rumah Tangga serta Potensi Kerugian Pertanian Padi akibat hilangnya sumber air ini.

⁴ Wacana dan Ulin, *Kajian Kebijakan Pemanfaatan Jasa Lingkungan Pada Kawasan Bentang Alam Karst di D.I. Yogyakarta*.

⁵ Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri, "Curah dan Hari Hujan."

2 Valuasi Biaya Air Rumah Tangga

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, potensi jasa lingkungan air dari area karst seluas 598 ha mencapai lebih dari 31 juta meter kubik per tahunnya. Nilai ini merupakan angka yang sangat besar dan lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga di Pracimantoro. Oleh karena ini, maka perhitungan biaya air akan dibagi menjadi 2 komponen: biaya air rumah tangga dan biaya air untuk pertanian padi.

Pada sub-bab ini akan dihitung komponen biaya untuk air minum dan non air minum dalam aktivitas rumah tangga. Dalam hal ini diasumsikan yang dimaksud dengan kebutuhan air rumah tangga adalah kebutuhan air untuk aktivitas domestik warga setempat, termasuk kebutuhan air minum. Penggunaan air untuk aktivitas komersial masyarakat seperti untuk operasional restoran maupun peternakan tidak termasuk dalam perhitungan ini.

Diasumsikan pula bahwa operasional pabrik semen dan tambang batu gamping tidak menggunakan sumber daya air yang berasal dari air tanah di area Pracimantoro. Diasumsikan bahwa penggunaan air tanah yang didukung oleh wilayah karst ini diprioritaskan untuk penggunaan sehari-hari masyarakat terlebih dahulu, dan sisanya digunakan untuk pertanian.

Untuk menghitung potensi biaya air yang harus ditanggung warga Pracimantoro bila karst ini hilang, maka perlu diketahui beberapa parameter di bawah ini:

- a Total populasi Kecamatan Pracimantoro sejumlah 66.703.
- b Rerata penggunaan air per individu adalah sejumlah 150 liter per harinya.
- c Tarif PDAM Rp7.400 per meter kubik.

Maka konsumsi air warga Pracimantoro per tahunnya adalah sejumlah 3,65 juta meter kubik. Bila keseluruhan kebutuhan air ini harus dipenuhi melalui PDAM, maka potensi biaya air untuk rumah tangga ditaksir mencapai **Rp27 miliar setelah tahun ke-8**.

Jumlah tersebut merupakan potensi biaya total per tahunnya. Guna mensimulasikan nilai biaya yang dikeluarkan warga untuk air minum dan air kebutuhan rumah tangga, maka akan dilakukan perhitungan biaya berdasarkan 2 skenario di atas:

Tabel 2. **Biaya Air Rumah Tangga menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Miliar)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	316	350
20	452	485
50	1.262	1.296
70	1.803	1.836

Sumber : diolah Penulis.

Sebagai catatan, asumsi dan limitasi yang digunakan dalam estimasi biaya air ini termasuk konservatif. Pada prakteknya, hampir dapat dipastikan bahwa industri semen yang ada akan menggunakan air tanah dan akan bersaing dengan penggunaan rumah tangga lokal. Estimasi biaya air yang dilakukan juga tidak menghitung biaya instalasi dan investasi infrastruktur PDAM untuk mensuplai air ke seluruh rumah tangga Pracimantoro, estimasi ini juga tidak menghitung sumber air selain PDAM seperti truk tangki air yang biayanya dapat lebih tinggi lagi.

Bisa dibilang, estimasi biaya air ini merupakan nilai minimum kerugian yang dapat terjadi. Besar kemungkinan bahwa realisasi nilai kerugian yang akan timbul di masa depan akan lebih tinggi dari hasil estimasi tim peneliti.

BOX 1

Reklamasi Tidak Dapat Sepenuhnya Memulihkan Ekosistem Karst

Reklamasi area pasca-tambang seringkali menjadi salah satu cara untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan yang terjadi akibat aktivitas pertambangan. Di banyak tempat, lubang bekas galian tambang direklamasi dengan dialihfungsikan untuk kegiatan lain, ataupun ditimbun sepenuhnya dengan tanah dan dilakukan revegetasi. Upaya ini mungkin dapat memulihkan area bekas tambang secara visual, namun pemulihan fungsi ekologis sepenuhnya dari area tersebut masih perlu menunggu waktu.

Dalam beberapa kasus, fungsi ekologis suatu wilayah tidak akan dapat pulih sepenuhnya dan tidak dapat direklamasi secara signifikan. Kawasan karst merupakan salah satu jenis bentang alam yang sangat sensitif terhadap kerusakan akibat aktivitas pertambangan. Proses pemulihan ekologis karst dapat dilakukan secara natural, dengan catatan skala kerusakan cukup kecil dan ekosistem yang stabil di area di sekitar area kerusakan guna membantu pemulihan ekosistem⁶. Meskipun kedua syarat tersebut terpenuhi, diperlukan waktu dalam skala geologis untuk memulihkan area karst secara visual. Namun begitu, pemulihan area secara hidrologi dan ekosistem bawah tanah tetap tidak dapat dilakukan⁷.

Sama halnya dengan pemulihan secara natural, reklamasi bentang alam karst secara artifisial dengan bantuan manusia secara teori dapat dilakukan, namun hanya di permukaan saja. Kerusakan bentang alam karst akan merusak tatanan bawah tanah dan sistem hidrologis dari area tersebut secara permanen. Di wilayah liar tanpa penduduk, reklamasi ini dapat secara visual mengembalikan bentukan bentang alam karst. Namun untuk area karst di area pemukiman, kerusakan sistem hidrologi masih akan tetap ada dan tidak dapat diperbaiki.

⁶ Langer, *Potential Environmental Impacts of Quarrying Stone in Karst—A Literature Review*.

⁷ Wang dkk., "Karst Landscapes of China."

3 Valuasi Biaya Degradasi Pertanian Padi

Berkurangnya pasokan air akibat gangguan siklus hidrologi yang diakibatkan oleh tambang batu gamping juga dapat menurunkan produksi padi. Potensi kerugian akibat penurunan produksi padi di Pracimantoro ini walaupun tidak secara langsung mengganggu *welfare* atau kesejahteraan seperti penurunan air rumah tangga, namun secara nominal kerugiannya dapat lebih besar.

Telah dibahas pada bagian sebelumnya bahwa potensi kehilangan jasa air akibat kerusakan 598 ha karst mencapai **31.081.050 meter kubik** per tahun. Jumlah ini berada di atas kebutuhan total rumah tangga Kecamatan Pracimantoro yang 'hanya' 3,65 juta meter kubik per tahunnya. Selebihnya, jasa air tersebut dapat digunakan untuk aktivitas pertanian, terutama pertanian padi yang membutuhkan banyak air. Dalam perhitungan biaya degradasi pertanian padi diasumsikan bahwa berkurangnya suplai air tanah akibat kerusakan kawasan karst karena pertambangan akan mengurangi pasokan air untuk minum dan kebutuhan rumah tangga terlebih dahulu sebelum mengurangi pasokan air untuk pertanian.

Sebelum melakukan estimasi biaya, dari berbagai sumber diketahui beberapa fakta berikut:

- a** Produksi Gabah Kering Giling (GKG) di Kecamatan Pracimantoro pada 2025 menurut data BPS Wonogiri mencapai 26.160 ton.
- b** Menurut Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (2015), diperlukan air sejumlah 1.432 liter untuk memproduksi satu kilogram GKG.
- c** Maka diperlukan sekitar 34,6 juta meter kubik air untuk memproduksi GKG Pracimantoro pada 2025.

Seperti yang dapat dilihat kebutuhan 34,6 juta meter kubik air ini berada di atas nilai jasa lingkungan karst yang hanya mencapai 31 juta meter kubik, yang artinya sumber air dari pertanian padi di Pracimantoro tidak hanya bersumber dari air tanah yang didukung kawasan karst.

Perlu juga untuk mengetahui jumlah air yang tersedia untuk aktivitas pertanian setelah sebelumnya dikurangi dengan pemakaian air untuk kebutuhan rumah tangga. Untuk itu, dilakukan perhitungan sebagai berikut; diketahui bahwa:

- a** Total volume jasa penyediaan air yang hilang akibat aktivitas pabrik semen dan tambang batu gamping: 31.081.050 meter kubik.
- b** Asumsi air yang digunakan warga untuk kebutuhan sehari-hari: 3.651.989 meter kubik.
- c** Volume setelah dikurangi pemakaian rumah tangga: 27.429.061 meter kubik.

Artinya ada potensi kekurangan air sebesar 27.429.061 meter kubik untuk pengairan sawah. Bila dibagi dengan kebutuhan air per kg GKG sebesar 1.432 liter, maka dapat dihitung potensi pengurangan produksi GKG sebesar 19.154 ton. Dengan asumsi harga GKG Rp8.000 per kg, maka potensi kerugian maksimum dari pengurangan produksi ini adalah sebagai berikut:

- a Area penambangan Tahap 1 (186 ha): **Rp69 miliar di tahun ke-20 (Skenario 1).**
- b Total area IUP (598 ha): **Rp314,2 miliar di tahun ke-70 (Skenario 1).**

Simulasi kerugian pertanian padi menurut Skenario 1 dan Skenario 2 yang disebutkan di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Biaya Pertanian Padi menurut Skenario 1 dan Skenario 2

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Miliar)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	175	357
20	465	807
50	4.815	7.186
70	10.168	13.471

Sumber : diolah Penulis.



Di Pracimantoro, ketahanan pangan dibangun dari sistem pertanian tumpang sari yang beragam dan produktif. Selain padi dan jagung, petani juga menanam ubi kayu secara berseling (tumpangsari), sebuah praktik yang terbukti tahan kekeringan dan berkontribusi terhadap stabilitas panen. Bahkan, masih terdapat potensi pertanian hortikultura seperti alpukat dan sayuran. Hasilnya cukup mengejutkan: meskipun musim tanam padi hanya sekali dalam setahun, panen tetap selalu surplus berkat kombinasi tanaman ini dan pola tanam yang cermat. Produksi padi per tahun mencapai lebih dari 18.000 ton, sedangkan kebutuhan padi hanya sekitar 8.400 ton/tahun.⁸ Surplusnya bisa dijual ke daerah lain sebagai penghasilan tambahan.

Tidak hanya bertumpangsari, Pracimantoro memiliki pasar ternak yang sangat hidup, Pasar Hewan Pracimantoro. Pada hari pasaran, hingga 500–600 ekor sapi bisa diperdagangkan dalam satu hari, mencerminkan betapa pentingnya peternakan sapi sebagai sumber cadangan ekonomi yang dapat dicairkan ketika diperlukan. Dengan pertanian dan peternakan, warga Pracimantoro memiliki ketahanan pangan yang kuat, bahkan mendukung ketahanan pangan di daerah lain.

Sayangnya, tatanan agraris dan ketahanan pangan tersebut berada di bawah ancaman serius dari rencana tambang batu gamping dan pabrik semen yang dapat merusak lahan produktif dan keberlanjutan sistem pertanian tumpangsari. Hilangnya ekosistem karst dan sumber air dikhawatirkan akan memutus akses warga terhadap mata pencaharian dan pangan yang telah diwariskan secara lintas generasi, turun-temurun.

⁸ Solopos.com (2023), *Potret Petani di Pracimantoro Wonogiri, Tanam Padi Setahun Sekali Tetap Surplus*. <https://solopos.espos.id/potret-petani-di-pracimantoro-wonogiri-tanam-padi-setahun-sekali-tetap-surplus-1828078>



4 Biaya Kehilangan Serapan Karbon

Menurut kajian Putro (2010) tentang kawasan karst Gunung Sewu yang juga telah dikutip oleh Kajian Valuasi Ekonomi Jasa Lingkungan untuk kawasan Gunung Sewu Pemda DIY, kawasan karst Gunung Sewu memiliki fungsi serapan karbon sebagai berikut:

- a Luas area karst total: 13.000 km persegi
- b Serapan karbon dioksida per tahun: 293.800 ton

Dari figur di atas maka dapat dihitung potensi serapan karbon dioksida kawasan karst Gunung Sewu adalah 0,226 kg karbon dioksida per tahunnya. Berdasarkan nilai tersebut maka potensi maksimum serapan karbon dioksida per tahun yang akan hilang akibat aktivitas tambang gamping dan pabrik semen adalah sebagai berikut:

- a Area penambangan Tahap 1 sebesar 186 ha: 420,6 ton CO₂ per tahun
- b Total area IUP sebesar 598 ha: 1.351,5 ton CO₂ per tahun

Nilai tersebut merupakan potensi maksimum kehilangan serapan CO₂ per tahunnya. Untuk mensimulasikan biaya hilangnya serapan CO₂ selama jangka waktu penambangan maka diasumsikan harga CO₂ per ton menurut valuasi IDTBSA Bursa Karbon Indonesia adalah Rp96.000 per ton. Berdasarkan valuasi tersebut, maka potensi total kerugiannya adalah:

- a Area penambangan Tahap 1 sebesar 186 ha: **Rp40,4 juta di tahun ke-70 (Skenario 1).**
- b Total area IUP sebesar 598 ha: **Rp129,7 juta di tahun ke-70 (Skenario 1).**

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas maka dapat dihitung valuasi nilai kerugian akibat hilangnya serapan karbon pada Skenario 1 dan Skenario 2:

Tabel 4. **Biaya Serapan Karbon menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Juta)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	242	323
20	424	563
50	2.467	3.345
70	4.722	5.940

Sumber : diolah Penulis.

5 Biaya Kehilangan Biodiversitas

Dari hasil survey dan penelitian lapangan yang dilakukan tim peneliti, diketahui bahwa wilayah yang masuk dalam IUP tambang batu gamping di Kecamatan Pracimantoro memiliki nilai indeks biodiversitas Shannon–Wiener dengan $H' = 3,82$. Indeks Shannon–Wiener mengukur biodiversitas di suatu area. Semakin tinggi nilai H' dari indeks Shannon–Wiener ini maka semakin tinggi biodiversitas di lokasi tersebut. Menurut *benchmark* indeks Shannon–Wiener, nilai H' di atas 3,322 mengindikasikan biodiversitas yang sangat tinggi, dan oleh sebab itu maka dapat disimpulkan bahwa area Kecamatan Pracimantoro memiliki biodiversitas yang sangat tinggi.

Berdasarkan Constanza (2014), nilai ekonomis rata-rata dari jasa ekosistem global adalah sekitar US\$3.000–7.000/ha/tahun. Untuk Indonesia, diasumsikan menggunakan nilai rata-rata US\$5.000/ha/tahun. Menggunakan nilai tukar JISDOR 1 Agustus 2025 di mana US\$1 = Rp16.494, maka biaya per ha per tahunnya menjadi Rp82,47 juta.

Diketahui bahwa penurunan indeks H' sebesar 1 satuan akan mengurangi nilai layanan ekosistem di area terdampak sebesar 25%. Wilayah Pracimantoro memiliki nilai H' sebesar 3,82 dan diasumsikan bila suatu area di wilayah tersebut ditambang maka nilai tersebut akan menjadi 0. Oleh karena itu penurunan nilai ekosistem akibat pertambangan akan mencapai $24\% \times 3,82 = 95,5\%$.

Formula perhitungan besaran biaya akibat penurunan biodiversitas adalah sebagai berikut:

- a Kerugian ekosistem per ha = Nilai layanan ekosistem per ha x proporsi penurunan.
- b Dari informasi di atas maka dapat dihitung nilai kerugian ekosistem per ha di wilayah Pracimantoro sebagai berikut: Kerugian Ekosistem Pracimantoro per ha = Rp82,47 juta x 95,5% = Rp78.76 juta.

Dari nilai tersebut maka dapat dihitung total potensi nilai kerugian biodiversitas untuk seluruh wilayah IUP yang akan dijadikan tambang batu gamping setiap tahunnya sebagai berikut:

- a Kerugian dari area tambang tahap 1 sejumlah 186 ha: **Rp14,6 miliar di tahun ke-20 (Skenario 1).**
- b Kerugian total luasan IUP sejumlah 598 ha: **Rp47,1 miliar di tahun ke-70 (Skenario 1).**

Adapun kerugian biodiversitas total pada tahun ke-15, 20, 50, dan 70 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. **Biaya Biodiversitas menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Miliar)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	88	117
20	154	204
50	895	1.214
70	1.714	2.156

Sumber : diolah Penulis.

6 Valuasi Biaya Kesehatan

Industri pengolahan semen merupakan salah satu industri yang paling ‘kotor’ secara kesehatan dan telah banyak literatur yang membahas tentang efek negatif dari pabrik semen terhadap kesehatan. Paparan debu, material, serta emisi dari proses produksi semen memiliki dampak yang sangat buruk bagi kesehatan, terutama bagi pekerja di pabrik semen tersebut. Walaupun tidak seburuk kondisi pekerja di pabrik, masyarakat yang tinggal di sekitar lingkungan pabrik juga terpapar emisi yang dapat menyebabkan masalah kesehatan.

Selain dampak kesehatan dari operasional pabrik semen, terdapat pula dampak kesehatan dari tambang batu gamping. Bila dibandingkan dengan efek kesehatan yang ditimbulkan oleh pabrik semen, efek dari tambang batu gamping terhadap kesehatan masyarakat tidaklah seburuk pabrik semen namun efeknya cukup signifikan.



Dari berbagai masalah kesehatan yang ditimbulkan oleh pabrik pengolahan semen dan tambang batu gamping, masalah utama yang paling mencolok adalah:

a Gangguan Sistem Pernapasan

Partikel debu serta emisi dari proses produksi semen dan penambangan batu gamping dapat menyebabkan gangguan pernapasan. Jenis dari gangguan pernapasan yang diderita bervariasi tergantung jenis eksposur yang dialami korban.

- Untuk pekerja pabrik gangguan ini dapat berupa gangguan berat seperti silikosis, bronkitis, serta gangguan-gangguan minor lain yang termasuk dalam kategori *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* atau COPD.
- Untuk penduduk di sekitar area pabrik risiko gangguan pernapasan berat minim, namun masih terdapat risiko COPD, tergantung dari jarak tinggal terhadap pabrik semen dan level paparan.

b Paparan Logam Berat

Proses produksi semen menghasilkan partikel dan emisi yang mengandung logam berat. Paparan logam berat ini memiliki berbagai bentuk dan karakteristik korban yang berbeda pula.

- Pekerja di pabrik semen yang dekat dengan proses manufaktur semen terpapar secara langsung melalui debu dan partikel di udara.
- Masyarakat sekitar dapat terpapar melalui akumulasi logam berat di tanah dan tumbuhan serta melalui infiltrasi sumber air.

Menurut penelitian Miravittles et al. (2003)⁹ rata-rata biaya yang dikeluarkan penderita COPD per tahun per orang adalah US\$1.876. Menggunakan konversi inflasi *Bureau of Labor and Statistics*¹⁰ untuk nilai USD di tahun 2000 ke USD di tahun 2024 didapatkan angka US\$3.427. Angka ini dikonversikan lagi ke nilai Rupiah sesuai dengan data PPP conversion rate dari World Bank¹¹ pada 2024 sehingga mendapatkan estimasi biaya sebesar Rp16,3 juta per tahun per orang.

Berdasarkan paper Mwaiselage et al. (2005) dan Lee et al. (2016) terdapat paparan emisi debu pabrik semen yang berpotensi menyebabkan COPD dapat dibagi ke 3 kategori:

- a** Pekerja di pabrik semen memiliki prevalensi COPD dengan nilai antara 58,3% hingga 9,6% tergantung dari jenis pekerjaannya.
- b** Masyarakat yang tinggal dalam radius 1 km dari pabrik semen, memiliki prevalensi COPD senilai 14.3%.
- c** Masyarakat yang tinggal dalam radius 5 km dari pabrik semen, memiliki prevalensi COPD senilai 9.1%.

⁹ Miravittles dkk., "Costs of Chronic Bronchitis and COPD."

¹⁰ Bur. Labor Stat., "CPI Inflation Calculator."

¹¹ World Bank Open Data, "World Bank Open Data."

Berikut adalah tabel perhitungan biaya kesehatan yang dapat menimpa masyarakat sekitar pabrik semen per tahunnya. R mewakili jarak dari desa tersebut ke area pabrik semen dan tambang batu gamping:

Tabel 6. Jarak Desa terhadap Lokasi Pabrik Semen dan Prevalensi COPD

Desa	Penduduk	Jarak ke Pabrik	Prevalensi	Total Biaya (Rp)
Sumberagung	2.730	1 km > R > 5 km	9,10%	4.041.451.539
Petirsari	2.253	R < 1 km	14,30%	5.241.197.984
Joho	4.649	R < 1 km	14,30%	10.815.059.667
Gambirmanis	5.280	R < 1 km	14,30%	12.282.967.314
Watangrejo	3.681	R < 1 km	14,30%	8.563.182.326
Suci	4.581	R < 1 km	14,30%	10.656.869.936
Jimbar	2.758	1 km > R > 5 km	9,10%	4.082.902.324
Sambiroto	3.797	R < 1 km	14,30%	8.833.035.396
Pracimantoro	7.553	R < 1 km	14,30%	17.570.691.690
Gedong	4.796	1 km > R > 5 km	9,10%	7.099.927.318
Gebangharjo	2.235	1 km > R > 5 km	9,10%	3.308.660.875
Sedayu	4.574	1 km > R > 5 km	9,10%	6.771.281.809
Banaran	2.673	1 km > R > 5 km	9,10%	3.957.069.583
Trukan	3.195	1 km > R > 5 km	9,10%	4.729.830.647
Tubukarto	3.742	1 km > R > 5 km	9,10%	5.539.601.340
Lebak	2.631	1 km > R > 5 km	9,10%	3.894.893.406
Glinggang	2.614	R > 5 km	0%	0
Wonodadi	2.961	R > 5 km	0%	0
Total	66.703			117.388.623.154

Sumber : diolah Penulis.

Selain biaya kesehatan yang timbul dari masyarakat sekitar, ada pula biaya kesehatan yang akan ditanggung oleh pekerja pabrik semen yang berasal dari daerah sekitar. Bila diketahui bahwa:

- a ANDAL pabrik semen telah memberikan estimasi sebanyak 1.212 warga lokal akan dipekerjakan di pabrik semen.
- b Prevalensi COPD pada pekerja pabrik semen adalah 58,3%,

Maka total biaya yang akan ditanggung pekerja lokal adalah sekitar Rp11,5 miliar per tahun. Dari kedua komponen biaya ini, maka total biaya kesehatan yang dikeluarkan untuk COPD adalah sekitar **Rp128,8 miliar per tahunnya**.

Tidak seperti biaya air, pertanian, maupun karbondioksida, biaya kesehatan tidak tergantung pada luasan bentang alam karst yang telah rusak, sehingga nilainya konstan tiap tahunnya selama pabrik semen dan tambang batu gamping tetap beroperasi. Oleh karena itu, jumlah biaya kesehatan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. **Biaya Kesehatan menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Miliar)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	1.933	1.933
20	2.578	2.578
50	6.444	6.444
70	9.022	9.022

Sumber : diolah Penulis.

Total biaya pada tabel di atas mengasumsikan bahwa tidak ada perubahan jumlah penduduk di area Kecamatan Pracimantoro. Bila terdapat pertumbuhan penduduk maka biaya yang timbul akan lebih besar lagi. Mengingat pembangunan dan operasi pabrik semen serta tambang batu gamping akan menarik pekerja dalam jumlah besar ke kawasan Pracimantoro, maka biaya riil di lapangan hampir pasti akan lebih besar dari estimasi biaya kesehatan pada kajian ini.

Untuk biaya ekonomi akibat paparan logam berat, CELIOS masih belum menemukan literatur yang memiliki data perhitungan biaya serta prevalensi berbagai penyakit yang diakibatkan paparan logam berat. Estimasi biaya akibat paparan logam berat akan ditambahkan kemudian.



Dampak negatif pabrik semen terhadap kesehatan masyarakat tidak hanya berhenti di masalah yang berhubungan dengan saluran pernapasan saja. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa emisi debu dari pabrik semen mengandung berbagai senyawa logam berat. Mayoritas logam berat yang dibawa oleh debu semen adalah *Cadmium* (Ca), *Cobalt* (Co), *Chromium* (Cr), *Plumbum* (Pb), dan *Nickel* (Ni). Kelima elemen ini dapat masuk ke tubuh lewat konsumsi tumbuhan dan air minum yang telah terpapar, maupun melalui pernapasan. Akumulasi logam berat dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan dalam jangka panjang, di antaranya adalah:

***Cadmium* (Ca):** Merupakan senyawa karsinogenik. Paparan dalam jangka panjang dapat menyebabkan masalah ginjal, kerusakan paru-paru, dan kerapuhan tulang. *Ingestion Cadmium* dalam jumlah besar juga dapat menyebabkan iritasi lambung dan diare.

***Chromium* (Cr):** Bila dihirup dalam jumlah tertentu dapat mengakibatkan iritasi membran saluran pernapasan dan memicu masalah pernapasan seperti asma. Paparan dengan kulit secara langsung dapat mengakibatkan iritasi kulit dan reaksi alergi. Paparan dalam jangka panjang dapat mengakibatkan kerusakan pada liver, ginjal, serta jaringan saraf.

***Plumbum* (Pb):** Atau lebih dikenal dengan timbal atau timah hitam, merupakan senyawa karsinogenik; efek jangka panjang akan menurunkan sistem motorik serta kinerja sistem saraf. Paparan pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kerusakan otak, ginjal, dan kematian. Paparan pada ibu hamil dapat menyebabkan keguguran.

¹² Martin dan Griswold, *Human Health Effect of Heavy Metals*.



7 Kerugian Total

Adapun akumulasi jumlah kerugian lingkungan total pada tahun ke-15, 20, 50, dan 70 sesuai dengan simulasi Skenario 1 dan Skenario 2 adalah sebagai berikut:

Tabel 8. **Total Biaya Lingkungan menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total biaya sampai pada tahun tersebut (Rp Triliun)	
	SKENARIO 1	SKENARIO 2
15	2,51	2,76
20	3,65	4,08
50	13,42	16,14
70	22,71	26,49

Sumber : diolah Penulis.

Rincian dari keseluruhan biaya lingkungan akibat pembangunan dan operasi pabrik semen dan tambang batu gamping di Pracimantoro adalah sebagai berikut:

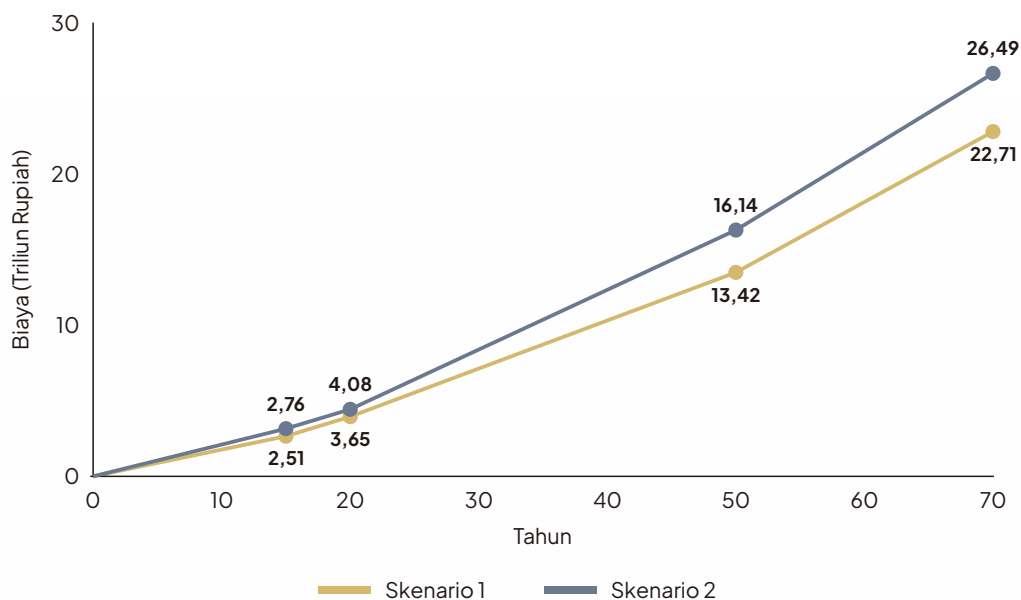
Tabel 9. **Rincian Komponen Biaya Lingkungan menurut Skenario 1 dan Skenario 2**

Tahun	Total Akumulasi Biaya Kesehatan Hingga Tahun Tersebut (Rp Miliar)	Total Akumulasi Biaya Air Rumah Tangga Hingga Tahun Tersebut (Rp Miliar)	Total Akumulasi Kerugian Pertanian Padi Hingga Tahun Tersebut (Rp Miliar)	Total Akumulasi Biaya CO ₂ Hingga Tahun Tersebut (Rp Miliar)	Total Akumulasi Biaya Kerusakan Biodiversitas Hingga Tahun Tersebut (Rp Miliar)	Total Akumulasi Kerugian Jasa Lingkungan Hingga Tahun Tersebut (Rp Triliun)
SKENARIO 1						
15	1.933	316	175	0,24	88	2,51
20	2.578	452	465	0,42	154	3,65
50	6.444	1.262	4.815	2,47	895	13,42
70	9.022	1.803	10.168	4,72	1.714	22,71
SKENARIO 2						
15	1.933	350	357	0,32	117	2,76
20	2.578	485	807	0,56	204	4,08
50	6.444	1.296	7.186	3,34	1.214	16,14
70	9.022	1.836	13.471	5,94	2.156	26,49

Sumber : diolah Penulis.

Akumulasi kerugian jasa lingkungan yang dihasilkan akan menghasilkan tren pertumbuhan biaya yang terus bertambah hingga tahun ke-70. Dua skenario awalnya menghasilkan nilai kerugian yang sama, namun setelah tahun ke-20 skenario 2 akan menghasilkan kerugian lingkungan yang lebih besar. Berikut grafik tren pertumbuhan kerugian jasa lingkungan:

Grafik 3. **Komparasi Biaya Skenario 1 dan Skenario 2 Selama 70 tahun**



Sumber : diolah Penulis.



Perlu diingat bahwa selain kerugian finansial, terdapat pula akumulasi kerugian dalam parameter-parameter lingkungan seperti hilangnya jasa air dan penyerapan karbon. Efek dari kerusakan area karst di Pracimantoro dapat dilihat pada dua tabel di bawah ini:

Tabel 10. Jasa Air dan Serapan Karbon yang Hilang pada Skenario 1

Tahun	Total Kehilangan Jasa Air (m ³)	Total Kehilangan Serapan Karbon (kg CO ₂)
15	58.044.641	2.523.923
20	101.578.121	4.416.865
50	590.885.896	25.693.163
70	1.131.160.511	49.185.623

Sumber : diolah Penulis.

Tabel 11. Jasa Air dan Serapan Karbon yang Hilang pada Skenario 2

Tahun	Total Kehilangan Jasa Air (m ³)	Total Kehilangan Serapan Karbon (kg CO ₂)
15	77.392.854	3.365.230
20	134.937.792	5.867.425
50	801.311.569	34.842.985
70	1.422.932.569	61.872.585

Sumber : diolah Penulis.

Kedua tabel di atas menampilkan volume air yang seharusnya dapat digunakan oleh masyarakat dan tonase karbon dioksida yang seharusnya dapat diserap oleh batuan karst bila tidak terdapat tambang batu gamping di Pracimantoro. Bila nilai kerugian lingkungan dalam bentuk Rupiah masih dinilai kecil, maka statistik potensi kehilangan air dan serapan karbon ini perlu dilihat.



KESIMPULAN

Laporan ini menghasilkan kesimpulan bahwa rencana pembangunan pertambangan batu gamping dan pabrik semen di Pracimantoro yang masuk dalam Kawasan Karst Gunung Sewu memiliki risiko kerugian lingkungan yang sangat besar dan signifikan hingga Rp26,5 triliun. Kerugian lingkungan yang dihasilkan berasal dari valuasi jasa lingkungan yang tidak pernah dihitung oleh pihak penyusun ANDAL, perusahaan, dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Jawa Tengah, seperti: biaya kesehatan, biaya kehilangan air rumah tangga, biaya kehilangan biodiversitas, biaya kehilangan pertanian padi, dan biaya kehilangan penyerap karbon.

Kerugian lingkungan akan tetap terjadi walaupun aktivitas penambangan batu gamping telah selesai. Kerusakan bentang alam karst akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang permanen, termasuk di dalamnya kerusakan hidrologi dan ekologi. Biaya lingkungan dari kerusakan ini akan tetap terjadi selama terdapat kehidupan sosio-ekologis di area tersebut.

Hasil estimasi biaya lingkungan menunjukkan bahwa semakin cepat area karst habis ditambang, maka semakin besar total biaya lingkungan yang akan terjadi. Semakin besar kerusakan yang terjadi di awal, maka semakin besar akumulasi biaya yang terjadi di waktu selanjutnya. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan biaya lingkungan antara Skenario 1 dan Skenario 2, di mana untuk tahun yang sama biaya dari Skenario 2 selalu lebih besar dari Skenario 1 biaya lingkungan yang terjadi tidak hanya berasal dari aktivitas pertambangan dan kerusakan area karst, namun terdapat pula biaya lingkungan yang terjadi akibat aktivitas operasi pabrik semen. Pabrik semen merupakan salah satu industri yang paling 'kotor' dan memiliki efek negatif terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar yang substansial. Baik pabrik semen maupun pertambang batu gamping, tidak ada yang lebih baik di antara keduanya (*neither is better than the other*). Keduanya memiliki potensi kerusakan yang setara dan sama penting untuk dihentikan.



REKOMENDASI: Menggugat Pembangunan Ekstraktif, Merawat Karst, Menjamin Masa Depan

Rekomendasi Kebijakan

Mencabut izin kelayakan lingkungan PT AAA & PT SSS

● Uraian Kebijakan

Menarik kembali izin lingkungan pertambangan batu gamping dan pabrik semen karena kerugian lingkungan melebihi manfaat ekonominya.

● Instansi Terkait

- KLHK
- DLHK Pemprov Jawa Tengah
- Pemkab Wonogiri
- DPRD Jawa Tengah
- DPRD Wonogiri

Rekomendasi Kebijakan

Merevisi RDTR Bupati No. 1 Tahun 2024 (Gunung Sewu – Wonogiri)

● Uraian Kebijakan

Menyesuaikan tata ruang agar melindungi kawasan karst, lahan pertanian, dan desa terdampak. RDTR diarahkan untuk mendukung konservasi, ketahanan pangan, dan mitigasi bencana.

● Instansi Terkait

- Pemkab Wonogiri (Bappeda, Dinas PUPR),
- Kementerian ATR/BPN,
- DPRD Wonogiri

Rekomendasi Kebijakan

Melindungi Kawasan Karst Gunung Sewu (UNESCO Geopark)

● Uraian Kebijakan

Menetapkan perlindungan hukum & kebijakan kawasan karst. Memperkuat ekowisata komunitas, konservasi ekologi, serta warisan budaya.

● Instansi Terkait

- UNESCO & Komite Nasional Geopark
- KLHK (BKSDA)

Rekomendasi Kebijakan

Menjaga sektor pertanian–peternakan sebagai motor ketahanan pangan

● Uraian Kebijakan

Menguatkan pertanian yang eksisting yang sudah teruji, peternakan rakyat, dan agroforestri. Memberi dukungan modal, teknologi, pasar, dan perlindungan dari dampak pembangunan yang merusak.

● Instansi Terkait

- Kementan & Dinas Pertanian–Peternakan
- Pemkab Wonogiri
- DPRD Wonogiri
- Pemerintah Desa

Rekomendasi Kebijakan

Moratorium pertambangan & diversifikasi ekonomi restoratif

● Uraian Kebijakan

Menghentikan izin tambang baru di karst. Mengembangkan alternatif ekonomi berbasis restorasi: ekowisata, agroforestri, energi terbarukan, ekonomi kreatif.

● Instansi Terkait

- KLHK
- Kementerian ESDM
- ATR/BPN
- Pemprov Jateng & Pemkab Wonogiri
- Forum Multi-pihak Geopark Gunung Sewu
- DPRD Wonogiri, DPRD Jawa Tengah
- Pemerintah Desa

Rekomendasi Kebijakan

Integrasi Valuasi Jasa Lingkungan dalam Perencanaan Pembangunan Daerah

● Uraian Kebijakan

Menjadikan hasil valuasi jasa lingkungan (air, keanekaragaman hayati, karbon, kesehatan) sebagai dasar dalam RPJMD, RKPD, dan tata ruang. Menjamin bahwa kerugian sosio-ekologis dihitung setara dengan kerugian ekonomi konservatif (*mainstreaming* tahap valuasi jasa lingkungan).

● Instansi Terkait

- DPRD Wonogiri
- KLHK
- Pemprov Jateng
- Pemkab Wonogiri (Bappeda)
- DPRD Jawa Tengah

Rekomendasi Kebijakan

Skema Dana Perlindungan Karst / Trust Fund Lingkungan Daerah

● Uraian Kebijakan

Membentuk dana perwalian khusus konservasi karst yang menyalurkan hibah/*sub-grant* bagi desa, BUMDes, dan kelompok masyarakat untuk menjaga kawasan karst dan sumber air. Bisa menggunakan dana APBN/APBD, filantropi, dan *debt-swap for climate* seperti ICCTF¹³.

● Instansi Terkait

- Pemkab Wonogiri
- KLHK
- Kemenkeu
- BUMN/CSR
- donor internasional
- koperasi desa
- UNESCO Geopark Network

Rekomendasi Kebijakan

Pendidikan & Riset Berbasis Karst

● Uraian Kebijakan

Menjadikan kawasan karst sebagai *living laboratory*. Memasukkan valuasi jasa lingkungan dalam kurikulum sekolah & program riset. Meningkatkan kapasitas generasi muda & publik dalam memahami fungsi karst.

● Instansi Terkait

- Kemendikti
- Kemdikbud
- Perguruan tinggi
- Sekolah-sekolah lokal
- UNESCO Geopark Network
- komunitas pendidikan lingkungan.

Rekomendasi Kebijakan

Peraturan Daerah Khusus Perlindungan Karst

● Uraian Kebijakan

Membuat Perda yang mengikat untuk melindungi kawasan karst berdasarkan hasil valuasi jasa lingkungan. Mengatur larangan tambang, zonasi lindung, insentif ekonomi bagi penjaga lingkungan. Provinsi DI Yogyakarta sudah mulai penyusunan raperda perlindungan karst¹⁴.

● Instansi Terkait

- DPRD Wonogiri
- Pemkab Wonogiri
- KLHK
- Pemprov Jateng
- Pemerintah Desa

¹³ <https://www.icctf.or.id/>

¹⁴ *Harian Jogja* (2025), *Pemda Siapkan Raperda Pengelolaan Ekosistem Karst di DIY, Ini Tujuannya*. <https://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2025/04/17/510/1210461/pemda-siapkan-raperda-pengelolaan-ekosistem-karst-di-diy-ini-tujuannya>,

REFERENSI

- Adhinegara, Bhima Y., Mohammad Bakhrul Fikri, dan Muhamad Saleh. Kajian Moratorium Izin Tambang Se-Jawa. CELIOS, 2025. <https://celios.co.id/assessment-of-the-moratorium-on-mining-licenses-in-java/>.
- Adji, Tjahyo Nugroho. "Kondisi Tangkapan Sungai Bawah Tanah Karst Gunungsewu dan Kemungkinan Dampak Lingkungan Terhadap Sumberdaya Air (Hidrologi) Karena Aktivitas Manusia." Conf. paper presented pada Seminar Pelestarian Sumberdaya Airtanah Kawasan Karst Gunungkidul, D.I. Yogyakarta. 2009. http://tjahyo-adjii.staff.ugm.ac.id/ancaman_karst_aquifer.pdf Al-Nea.
- Adji, Tjahyo Nugroho, Eko Haryono, Hendy Fatchurohman, dan Roza Oktama. "Spatial and Temporal Hydrochemistry Variations of Karst Water in Gunung Sewu, Java, Indonesia." *Environmental Earth Sciences* 76, no. 20 (2017): 709. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7057-z>.
- Akpambang, Victoria Omolara Enobong, Gloria Chiogo Ebuzeme, dan Joshua Oluwatobi Akinola. "Heavy Metal Contamination of Topsoil Around a Cement Factory – A Case Study of Obajana Cement Plc." *Environmental Pollutants and Bioavailability* 34, no. 1 (2022): 12–20. <https://doi.org/10.1080/26395940.2021.2024090>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri. "Curah dan Hari Hujan." Statistik Lingkungan Hidup dan Multi-domain, 2025. <https://wonogirikab.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTY0Izl=/curah-dan-hari-hujan.html>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri. Kabupaten Wonogiri Dalam Angka 2025. Laporan Statistik 33120.25002. Kabupaten Wonogiri Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri, 2025.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri. Kecamatan Pracimantoro Dalam Angka 2023. Laporan Statistik 33120.25002. Kabupaten Wonogiri Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri, 2025.
- Bureau of Labor Statistics. "CPI Inflation Calculator." Diakses 19 Agustus 2025. https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm.
- Costanza, Robert, Rudolf De Groot, Paul Sutton, dkk. "Changes in the Global Value of Ecosystem Services." *Global Environmental Change* 26 (Mei 2014): 152–58. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.
- Crummy, F. "A Possible Case of Pneumoconiosis in a Limestone Quarry Worker." *Occupational Medicine* 54, no. 7 (2004): 497–99. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqh107>.
- Drew, David, dan Heinz Hötzel. *Karst Hydrogeology and Human Activities: Impacts, Consequences and Implications*. Routledge, 2017.
- Garrod, Guy, dan Kenneth G. Willis. *Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies*. Paperback ed., Repr. Edward Elgar, 2001.
- Hendriks, Chris A., Ernst Worrell, David de Jager, K. Blok, dan Pierce Riemer. "Emission Reduction of Greenhouse Gases From the Cement Industry." *Proceedings of the Fourth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (Austria)* 30 (1998): 939–44.
- Indonesia Climate Change Trust Fund. "ICCTF Home Page." ICCTF. Diakses 20 Agustus 2025. <https://www.icctf.or.id/>.
- Isikli, B., T.A. Demir, S.M. Ürer, A. Berber, T. Akar, dan C. Kalyoncu. "Effects of Chromium Exposure from a Cement Factory." *Environmental Research* 91, no. 2 (2003): 113–18. [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(02\)00020-8](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(02)00020-8).
- Klimchouk, A. B. "The Role of Karst in the Genesis of Sulfur Deposits, Pre-Carpathian Region, Ukraine." *Environmental Geology* 31, no. 1–2 (1997): 1–20. <https://doi.org/10.1007/s002540050158>.
- Klimchouk, A. B. "Towards Defining, Delimiting and Classifying Epikarst: Its Origin, Processes and Variants of Geomorphic Evolution." *Epikarst Special Publication*, no. 9 (2004): 23–25.
- Langer, William H. *Potential Environmental Impacts of Quarrying Stone in Karst—A Literature Review*. Open File Report OF-01-0484. United States Geological Survey, 2001.
- Lee, Hyun Seung, Chul Gab Lee, Dong Hun Kim, dkk. "Emphysema Prevalence Related Air Pollution Caused by a Cement Plant." *Annals of Occupational and Environmental Medicine* 28, no. 1 (2016): 17. <https://doi.org/10.1186/s40557-016-0101-8>.
- Martin, Sabine, dan Wendy Griswold. *Human Health Effect of Heavy Metals*. Brief No. 15. Environmental Science and Technology Brief for Citizens. Center for Hazardous Substance Research, Kansas State University, 2009.
- Mbelambela, Etongola Papy, Masamitsu Eitoku, Sifa Marie Joelle Muchanga, dkk. "Prevalence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) Among Congolese Cement Workers Exposed to Cement Dust, in Kongo Central Province." *Environmental Science and Pollution Research* 25, no. 35 (2018): 35074–83. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3401-4>.
- Mehraj, Syed Sana, G. A. Bhat, Henah Mehraj Balkhi, dan Taseen Gul. "Health Risks for Population Living in the Neighborhood of a Cement Factory." *African Journal of Environmental Science and Technology* 7, no. 12 (2013): 1044–52. <https://doi.org/10.5897/AJEST2013.1576>.

- Miravitlles, Marc, Cristina Murio, Tina Guerrero, dan Ramon Gisbert. "Costs of Chronic Bronchitis and COPD." *CHEST* 123, no. 3 (2003): 784–91. <https://doi.org/10.1378/chest.123.3.784>.
- Munasinghe, Mohan. *Environmental Economics and Sustainable Development*. World Bank Environment Paper, no. 3. World Bank, 1993.
- Mwaiselage, Julius, Magne Bråtveit, Bente Elisabeth Moen, dan Yohana Mashalla. "Respiratory Symptoms and Chronic Obstructive Pulmonary Disease Among Cement Factory Workers." *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 31, no. 4 (2005): 316–23. <https://doi.org/10.5271/sjweh.888>.
- Nurdifa, Afifah Rahmah. "Penjualan Semen Semester I/2025 Lesu, Proyek IKN dkk Sepi Permintaan." *Bisnis.com* (Jakarta), 13 Agustus 2025. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20250813/257/1902030/penjualan-semen-semester-i2025-lesu-proyek-ikn-dkk-sepi-permintaan>.
- Olayinka, Olufunmilayo Olasumbo, Oludare Hakeem Adediji, Olusola Juwon Oresanya, dan Olufunke Francisca Alabi-Thompson. "Environmental and Health Impact of Cement Factory Production in Ibese, Ogun state, Nigeria." *Applied Environmental Research* 38, no. 2 (2016): 93–110.
- Paguyuban Taljiwa. "Tandatangani Petisi Online Tolak Rencana Pendirian Pabrik dan Tambang Semen di Kawasan Karst Pracimantoro Wonogiri!" Online Petition. *Change.org*, Mei 2025. <https://www.change.org/p/tolak-rencana-pendirian-pabrik-dan-tambang-semen-di-kawasan-karst-pracimantoro-wonogiri>.
- Pearce, David, dan Dominic Moran. *The Economic Value of Biodiversity*. 0 ed. Routledge, 2013. <https://doi.org/10.4324/9781315070476>.
- Pearce, David W., dan Robert Kerry Turner. *Economics of Natural Resources and the Environment*. 3. Dr. The Johns Hopkins Univ. Press, 1994.
- Praditia, Muhammad Diky. "Potret Petani di Pracimantoro Wonogiri, Tanam Padi Setahun Sekali Tetap Surplus." *Solopos.com* (Wonogiri), 27 Desember 2023. <https://solopos.espos.id/potret-petani-di-pracimantoro-wonogiri-tanam-padi-setahun-sekali-tetap-surplus-1828078>.
- PT. Anugerah Andalan Asia. *Rencana Kegiatan Industri Semen oleh PT. Anugerah Andalan Asia dengan Rencana Kegiatan Tahap Operasi Produksi Pertambangan Mineral Bukan Logam Komoditas Batu Gamping Untuk Semen oleh PT. Sewu Surya Sejati di Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Analisis Dampak Lingkungan Hidup (ANDAL)*. PT. Anugerah Andalan Asia, 2024.
- PT. Indocement Tunggul Prakarsa. "H1 2025 Earnings Call." 1 Agustus 2025.
- Putro, Sutanto Trijuni. "Laju pelarutan batuan karbonat di karst Gunungsewu dan karst Jonggrangan." Master Thesis, Universitas Gadjah Mada, 2010.
- Rampuri, Shahnawaz. "Study and Analysis of Occupational & Health Diseases in Cement Industries." *International Journal of Advance Research and Development* 2, no. 3 (2017): 1139.
- Razak, Abdul Hamied. "Pemda Siapkan Raperda Pengelolaan Ekosistem Karst di DIY, Ini Tujuannya." *Harianjogja.com* (Yogyakarta), 17 April 2025. <https://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2025/04/17/510/1210461/pemda-siapkan-raperda-pengelolaan-ekosistem-karst-di-diy-ini-tujuannya>.
- Shen, Lei, Tianming Gao, Jianan Zhao, dkk. "Factory-Level Measurements on CO₂ Emission Factors of Cement Production in China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34 (Juni 2014): 337–49. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.025>.
- Wacana, Petrasa, dan H. M. Ulin. *Kajian Kebijakan Pemanfaatan Jasa Lingkungan Pada Kawasan Bentang Alam Karst di D.I. Yogyakarta. Kajian Kebijakan*. Biro Pengembangan Infrastruktur Wilayah dan Pembiayaan Pembangunan Pemerintah D.I. Yogyakarta, 2024.
- Wang, Kelin, Chunhua Zhang, Hongsong Chen, dkk. "Karst Landscapes of China: Patterns, Ecosystem Processes and Services." *Landscape Ecology* 34, no. 12 (2019): 2743–63. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00912-w>.
- World Bank Open Data. "World Bank Open Data." Diakses 19 Agustus 2025. <https://data.worldbank.org>.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Proyeksi Kerusakan Karst, Kehilangan Jasa Air, dan Kehilangan Serapan Karbon per Tahun

Tabel A-1

Proyeksi Kerusakan Karst, Kehilangan Jasa Air, dan Kehilangan Serapan Karbon Menurut Skenario 1 dan Skenario 2

Tahun	Skenario 1			Skenario 2		
	Area Karst Yang Rusak (m ²)	Jumlah Air yang Hilang (m ³)	Serapan CO ₂ yang Hilang (kg Co ₂)	Area Karst Yang Rusak (m ²)	Jumlah Air yang Hilang (m ³)	Serapan CO ₂ yang Hilang (kg Co ₂)
1	93.065	483.705	21.033	124.087	644.940	28.044
2	186.130	967.411	42.065	248.173	1.289.881	56.087
3	279.195	1.451.116	63.098	372.260	1.934.821	84.131
4	372.260	1.934.821	84.131	496.347	2.579.762	112.174
5	465.325	2.418.527	105.163	620.433	3.224.702	140.218
6	558.390	2.902.232	126.196	744.520	3.869.643	168.262
7	651.455	3.385.937	147.229	868.607	4.514.583	196.305
8	744.520	3.869.643	168.262	992.693	5.159.524	224.349
9	837.585	4.353.348	189.294	1.116.780	5.804.464	252.392
10	930.650	4.837.053	210.327	1.240.867	6.449.405	280.436
11	1.023.715	5.320.759	231.360	1.364.953	7.094.345	308.479
12	1.116.780	5.804.464	252.392	1.489.040	7.739.285	336.523
13	1.209.845	6.288.169	273.425	1.613.127	8.384.226	364.567
14	1.302.910	6.771.875	294.458	1.737.213	9.029.166	392.610
15	1.395.975	7.255.580	315.490	1.861.300	9.674.107	420.654
16	1.489.040	7.739.285	336.523	1.978.977	10.285.734	447.249
17	1.582.105	8.222.991	357.556	2.096.654	10.897.361	473.844
18	1.675.170	8.706.696	378.588	2.214.331	11.508.988	500.439
19	1.768.235	9.190.401	399.621	2.332.009	12.120.615	527.034
20	1.861.300	9.674.107	420.654	2.449.686	12.732.242	553.629
21	1.943.674	10.102.246	439.270	2.567.363	13.343.868	580.224
22	2.026.048	10.530.384	457.887	2.685.040	13.955.495	606.819
23	2.108.422	10.958.523	476.503	2.802.717	14.567.122	633.414
24	2.190.796	11.386.662	495.120	2.920.394	15.178.749	660.009
25	2.273.170	11.814.801	513.736	3.038.071	15.790.376	686.604
26	2.355.544	12.242.940	532.353	3.155.749	16.402.003	713.199
27	2.437.918	12.671.079	550.969	3.273.426	17.013.630	739.794
28	2.520.292	13.099.218	569.586	3.391.103	17.625.257	766.389
29	2.602.666	13.527.357	588.203	3.508.780	18.236.884	792.984
30	2.685.040	13.955.495	606.819	3.626.457	18.848.511	819.579
31	2.767.414	14.383.634	625.436	3.744.134	19.460.138	846.174
32	2.849.788	14.811.773	644.052	3.861.811	20.071.765	872.769
33	2.932.162	15.239.912	662.669	3.979.489	20.683.392	899.364
34	3.014.536	15.668.051	681.285	4.097.166	21.295.019	925.959
35	3.096.910	16.096.190	699.902	4.214.843	21.906.646	952.554
36	3.179.284	16.524.329	718.518	4.332.520	22.518.273	979.150
37	3.261.658	16.952.467	737.135	4.450.197	23.129.900	1.005.745
38	3.344.032	17.380.606	755.751	4.567.874	23.741.527	1.032.340
39	3.426.406	17.808.745	774.368	4.685.551	24.353.154	1.058.935
40	3.508.780	18.236.884	792.984	4.803.229	24.964.780	1.085.530
41	3.591.154	18.665.023	811.601	4.920.906	25.576.407	1.112.125
42	3.673.528	19.093.162	830.217	5.038.583	26.188.034	1.138.720
43	3.755.902	19.521.301	848.834	5.156.260	26.799.661	1.165.315
44	3.838.276	19.949.440	867.450	5.273.937	27.411.288	1.191.910
45	3.920.650	20.377.578	886.067	5.391.614	28.022.915	1.218.505
46	4.003.024	20.805.717	904.683	5.509.291	28.634.542	1.245.100
47	4.085.398	21.233.856	923.300	5.626.969	29.246.169	1.271.695
48	4.167.772	21.661.995	941.916	5.744.646	29.857.796	1.298.290
49	4.250.146	22.090.134	960.533	5.862.323	30.469.423	1.324.885

Tahun	Skenario 1			Skenario 2		
	Area Karst Yang Rusak (m ²)	Jumlah Air yang Hilang (m ³)	Serapan CO ₂ yang Hilang (kg CO ₂)	Area Karst Yang Rusak (m ²)	Jumlah Air yang Hilang (m ³)	Serapan CO ₂ yang Hilang (kg CO ₂)
50	4.332.520	22.518.273	979.150	5.980.000	31.081.050	1.351.480
51	4.414.894	22.946.412	997.766	5.980.000	31.081.050	1.351.480
52	4.497.268	23.374.550	1.016.383	5.980.000	31.081.050	1.351.480
53	4.579.642	23.802.689	1.034.999	5.980.000	31.081.050	1.351.480
54	4.662.016	24.230.828	1.053.616	5.980.000	31.081.050	1.351.480
55	4.744.390	24.658.967	1.072.232	5.980.000	31.081.050	1.351.480
56	4.826.764	25.087.106	1.090.849	5.980.000	31.081.050	1.351.480
57	4.909.138	25.515.245	1.109.465	5.980.000	31.081.050	1.351.480
58	4.991.512	25.943.384	1.128.082	5.980.000	31.081.050	1.351.480
59	5.073.886	26.371.522	1.146.698	5.980.000	31.081.050	1.351.480
60	5.156.260	26.799.661	1.165.315	5.980.000	31.081.050	1.351.480
61	5.238.634	27.227.800	1.183.931	5.980.000	31.081.050	1.351.480
62	5.321.008	27.655.939	1.202.548	5.980.000	31.081.050	1.351.480
63	5.403.382	28.084.078	1.221.164	5.980.000	31.081.050	1.351.480
64	5.485.756	28.512.217	1.239.781	5.980.000	31.081.050	1.351.480
65	5.568.130	28.940.356	1.258.397	5.980.000	31.081.050	1.351.480
66	5.650.504	29.368.495	1.277.014	5.980.000	31.081.050	1.351.480
67	5.732.878	29.796.633	1.295.630	5.980.000	31.081.050	1.351.480
68	5.815.252	30.224.772	1.314.247	5.980.000	31.081.050	1.351.480
69	5.897.626	30.652.911	1.332.863	5.980.000	31.081.050	1.351.480
70	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
71	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
72	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
73	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
74	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
75	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
76	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
77	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
78	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
79	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
80	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
81	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
82	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
83	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
84	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
85	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
86	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
87	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
88	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
89	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
90	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
91	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
92	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
93	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
94	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
95	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
96	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
97	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
98	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
99	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480
100	5.980.000	31.081.050	1.351.480	5.980.000	31.081.050	1.351.480

LAMPIRAN B

Perhitungan Valuasi Kerugian Lingkungan per Tahun

Tabel B-1

Perhitungan Total Kerugian Lingkungan per Tahun

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Total Kerugian Jasa Lingkungan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Jasa Lingkungan Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Total Kerugian Jasa Lingkungan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Jasa Lingkungan Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	133.197.912.852	133.197.912.852	134.636.048.809	134.636.048.809
2	137.512.320.724	270.710.233.576	140.388.592.640	275.024.641.449
3	141.826.728.599	412.536.962.175	146.141.136.471	421.165.777.920
4	146.141.136.471	558.678.098.646	151.893.680.302	573.059.458.222
5	150.455.544.345	709.133.642.991	157.646.224.134	730.705.682.356
6	154.769.952.217	863.903.595.208	165.892.205.887	896.597.888.243
7	159.084.360.092	1.022.987.955.300	179.033.187.513	1.075.631.075.756
8	164.281.570.357	1.187.269.525.657	181.018.414.951	1.256.649.490.707
9	170.557.887.080	1.357.827.412.737	189.386.837.246	1.446.036.327.953
10	176.834.203.801	1.534.661.616.538	197.755.259.542	1.643.791.587.495
11	183.110.520.524	1.717.772.137.062	206.123.681.839	1.849.915.269.334
12	189.386.837.246	1.907.158.974.308	214.492.104.134	2.064.407.373.468
13	195.663.153.968	2.102.822.128.276	222.860.526.431	2.287.267.899.899
14	201.939.470.690	2.304.761.598.966	231.228.948.727	2.518.496.848.626
15	208.215.787.413	2.512.977.386.379	239.597.371.024	2.758.094.219.650
16	214.492.104.134	2.727.469.490.513	247.533.534.130	3.005.627.753.780
17	220.768.420.857	2.948.237.911.370	255.469.697.236	3.261.097.451.016
18	227.044.737.578	3.175.282.648.948	263.405.860.344	3.524.503.311.360
19	233.321.054.302	3.408.603.703.250	271.342.023.451	3.795.845.334.811
20	239.597.371.024	3.648.201.074.274	279.278.186.557	4.075.123.521.368
21	245.152.685.197	3.893.353.759.471	287.214.349.664	4.362.337.871.032
22	250.707.999.372	4.144.061.758.843	295.150.512.770	4.657.488.383.802
23	256.263.313.547	4.400.325.072.390	303.086.675.878	4.960.575.059.680
24	261.818.627.722	4.662.143.700.112	311.022.838.984	5.271.597.898.664
25	267.373.941.896	4.929.517.642.008	318.959.002.091	5.590.556.900.755
26	272.929.256.072	5.202.446.898.080	326.895.165.197	5.917.452.065.952
27	278.484.570.246	5.480.931.468.326	334.831.328.304	6.252.283.394.256
28	284.039.884.421	5.764.971.352.747	342.767.491.412	6.595.050.885.668
29	289.595.198.596	6.054.566.551.343	350.703.654.518	6.945.754.540.186
30	295.150.512.770	6.349.717.064.113	358.639.817.625	7.304.394.357.811
31	300.705.826.945	6.650.422.891.058	366.575.980.731	7.670.970.338.542
32	306.261.141.119	6.956.684.032.177	374.512.143.838	8.045.482.482.380
33	311.816.455.295	7.268.500.487.472	382.448.306.945	8.427.930.789.325
34	317.371.769.469	7.585.872.256.941	390.384.470.052	8.818.315.259.377
35	322.927.083.644	7.908.799.340.585	398.320.633.159	9.216.635.892.536
36	328.482.397.819	8.237.281.738.404	406.256.796.265	9.622.892.688.801
37	334.037.711.993	8.571.319.450.397	414.192.959.371	10.037.085.648.172
38	339.593.026.168	8.910.912.476.565	422.129.122.480	10.459.214.770.652
39	345.148.340.343	9.256.060.816.908	430.065.285.586	10.889.280.056.238
40	350.703.654.518	9.606.764.471.426	438.001.448.692	11.327.281.504.930
41	356.258.968.692	9.963.023.440.118	445.937.611.799	11.773.219.116.729
42	361.814.282.867	10.324.837.722.985	453.873.774.906	12.227.092.891.635
43	367.369.597.042	10.692.207.320.027	461.809.938.013	12.688.902.829.648
44	372.924.911.217	11.065.132.231.244	469.746.101.119	13.158.648.930.767
45	378.480.225.391	11.443.612.456.635	477.682.264.227	13.636.331.194.994
46	384.035.539.566	11.827.647.996.201	485.618.427.333	14.121.949.622.327
47	389.590.853.741	12.217.238.849.942	493.554.590.439	14.615.504.212.766
48	395.146.167.915	12.612.385.017.857	501.490.753.546	15.116.994.966.312
49	400.701.482.091	13.013.086.499.948	509.426.916.654	15.626.421.882.966

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Total Kerugian Jasa Lingkungan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Jasa Lingkungan Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Total Kerugian Jasa Lingkungan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Jasa Lingkungan Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	406.256.796.265	13.419.343.296.213	517.363.079.760	16.143.784.962.726
51	411.812.110.440	13.831.155.406.653	517.363.079.760	16.661.148.042.486
52	417.367.424.615	14.248.522.831.268	517.363.079.760	17.178.511.122.246
53	422.922.738.790	14.671.445.570.058	517.363.079.760	17.695.874.202.006
54	428.478.052.964	15.099.923.623.022	517.363.079.760	18.213.237.281.766
55	434.033.367.138	15.533.956.990.160	517.363.079.760	18.730.600.361.526
56	439.588.681.314	15.973.545.671.474	517.363.079.760	19.247.963.441.286
57	445.143.995.488	16.418.689.666.962	517.363.079.760	19.765.326.521.046
58	450.699.309.663	16.869.388.976.625	517.363.079.760	20.282.689.600.806
59	456.254.623.838	17.325.643.600.463	517.363.079.760	20.800.052.680.566
60	461.809.938.013	17.787.453.538.476	517.363.079.760	21.317.415.760.326
61	467.365.252.187	18.254.818.790.663	517.363.079.760	21.834.778.840.086
62	472.920.566.362	18.727.739.357.025	517.363.079.760	22.352.141.919.846
63	478.475.880.537	19.206.215.237.562	517.363.079.760	22.869.504.999.606
64	484.031.194.711	19.690.246.432.273	517.363.079.760	23.386.868.079.366
65	489.586.508.886	20.179.832.941.159	517.363.079.760	23.904.231.159.126
66	495.141.823.061	20.674.974.764.220	517.363.079.760	24.421.594.238.886
67	500.697.137.236	21.175.671.901.456	517.363.079.760	24.938.957.318.646
68	506.252.451.410	21.681.924.352.866	517.363.079.760	25.456.320.398.406
69	511.807.765.586	22.193.732.118.452	517.363.079.760	25.973.683.478.166
70	517.363.079.760	22.711.095.198.212	517.363.079.760	26.491.046.557.926
71	517.363.079.760	23.228.458.277.972	517.363.079.760	27.008.409.637.686
72	517.363.079.760	23.745.821.357.732	517.363.079.760	27.525.772.717.446
73	517.363.079.760	24.263.184.437.492	517.363.079.760	28.043.135.797.206
74	517.363.079.760	24.780.547.517.252	517.363.079.760	28.560.498.876.966
75	517.363.079.760	25.297.910.597.012	517.363.079.760	29.077.861.956.726
76	517.363.079.760	25.815.273.676.772	517.363.079.760	29.595.225.036.486
77	517.363.079.760	26.332.636.756.532	517.363.079.760	30.112.588.116.246
78	517.363.079.760	26.849.999.836.292	517.363.079.760	30.629.951.196.006
79	517.363.079.760	27.367.362.916.052	517.363.079.760	31.147.314.275.766
80	517.363.079.760	27.884.725.995.812	517.363.079.760	31.664.677.355.526
81	517.363.079.760	28.402.089.075.572	517.363.079.760	32.182.040.435.286
82	517.363.079.760	28.919.452.155.332	517.363.079.760	32.699.403.515.046
83	517.363.079.760	29.436.815.235.092	517.363.079.760	33.216.766.594.806
84	517.363.079.760	29.954.178.314.852	517.363.079.760	33.734.129.674.566
85	517.363.079.760	30.471.541.394.612	517.363.079.760	34.251.492.754.326
86	517.363.079.760	30.988.904.474.372	517.363.079.760	34.768.855.834.086
87	517.363.079.760	31.506.267.554.132	517.363.079.760	35.286.218.913.846
88	517.363.079.760	32.023.630.633.892	517.363.079.760	35.803.581.993.606
89	517.363.079.760	32.540.993.713.652	517.363.079.760	36.320.945.073.366
90	517.363.079.760	33.058.356.793.412	517.363.079.760	36.838.308.153.126
91	517.363.079.760	33.575.719.873.172	517.363.079.760	37.355.671.232.886
92	517.363.079.760	34.093.082.952.932	517.363.079.760	37.873.034.312.646
93	517.363.079.760	34.610.446.032.692	517.363.079.760	38.390.397.392.406
94	517.363.079.760	35.127.809.112.452	517.363.079.760	38.907.760.472.166
95	517.363.079.760	35.645.172.192.212	517.363.079.760	39.425.123.551.926
96	517.363.079.760	36.162.535.271.972	517.363.079.760	39.942.486.631.686
97	517.363.079.760	36.679.898.351.732	517.363.079.760	40.459.849.711.446
98	517.363.079.760	37.197.261.431.492	517.363.079.760	40.977.212.791.206
99	517.363.079.760	37.714.624.511.252	517.363.079.760	41.494.575.870.966
100	517.363.079.760	38.231.987.591.012	517.363.079.760	42.011.938.950.726

Tabel B-2
Perhitungan Kesehatan per Tahun

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya Kesehatan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kesehatan Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Kesehatan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kesehatan Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	128.883.504.978	128.883.504.978	128.883.504.978	128.883.504.978
2	128.883.504.978	257.767.009.956	128.883.504.978	257.767.009.956
3	128.883.504.978	386.650.514.934	128.883.504.978	386.650.514.934
4	128.883.504.978	515.534.019.912	128.883.504.978	515.534.019.912
5	128.883.504.978	644.417.524.890	128.883.504.978	644.417.524.890
6	128.883.504.978	773.301.029.868	128.883.504.978	773.301.029.868
7	128.883.504.978	902.184.534.846	128.883.504.978	902.184.534.846
8	128.883.504.978	1.031.068.039.824	128.883.504.978	1.031.068.039.824
9	128.883.504.978	1.159.951.544.802	128.883.504.978	1.159.951.544.802
10	128.883.504.978	1.288.835.049.780	128.883.504.978	1.288.835.049.780
11	128.883.504.978	1.417.718.554.758	128.883.504.978	1.417.718.554.758
12	128.883.504.978	1.546.602.059.736	128.883.504.978	1.546.602.059.736
13	128.883.504.978	1.675.485.564.714	128.883.504.978	1.675.485.564.714
14	128.883.504.978	1.804.369.069.692	128.883.504.978	1.804.369.069.692
15	128.883.504.978	1.933.252.574.670	128.883.504.978	1.933.252.574.670
16	128.883.504.978	2.062.136.079.648	128.883.504.978	2.062.136.079.648
17	128.883.504.978	2.191.019.584.626	128.883.504.978	2.191.019.584.626
18	128.883.504.978	2.319.903.089.604	128.883.504.978	2.319.903.089.604
19	128.883.504.978	2.448.786.594.582	128.883.504.978	2.448.786.594.582
20	128.883.504.978	2.577.670.099.560	128.883.504.978	2.577.670.099.560
21	128.883.504.978	2.706.553.604.538	128.883.504.978	2.706.553.604.538
22	128.883.504.978	2.835.437.109.516	128.883.504.978	2.835.437.109.516
23	128.883.504.978	2.964.320.614.494	128.883.504.978	2.964.320.614.494
24	128.883.504.978	3.093.204.119.472	128.883.504.978	3.093.204.119.472
25	128.883.504.978	3.222.087.624.450	128.883.504.978	3.222.087.624.450
26	128.883.504.978	3.350.971.129.428	128.883.504.978	3.350.971.129.428
27	128.883.504.978	3.479.854.634.406	128.883.504.978	3.479.854.634.406
28	128.883.504.978	3.608.738.139.384	128.883.504.978	3.608.738.139.384
29	128.883.504.978	3.737.621.644.362	128.883.504.978	3.737.621.644.362
30	128.883.504.978	3.866.505.149.340	128.883.504.978	3.866.505.149.340
31	128.883.504.978	3.995.388.654.318	128.883.504.978	3.995.388.654.318
32	128.883.504.978	4.124.272.159.296	128.883.504.978	4.124.272.159.296
33	128.883.504.978	4.253.155.664.274	128.883.504.978	4.253.155.664.274
34	128.883.504.978	4.382.039.169.252	128.883.504.978	4.382.039.169.252
35	128.883.504.978	4.510.922.674.230	128.883.504.978	4.510.922.674.230
36	128.883.504.978	4.639.806.179.208	128.883.504.978	4.639.806.179.208
37	128.883.504.978	4.768.689.684.186	128.883.504.978	4.768.689.684.186
38	128.883.504.978	4.897.573.189.164	128.883.504.978	4.897.573.189.164
39	128.883.504.978	5.026.456.694.142	128.883.504.978	5.026.456.694.142
40	128.883.504.978	5.155.340.199.120	128.883.504.978	5.155.340.199.120
41	128.883.504.978	5.284.223.704.098	128.883.504.978	5.284.223.704.098
42	128.883.504.978	5.413.107.209.076	128.883.504.978	5.413.107.209.076
43	128.883.504.978	5.541.990.714.054	128.883.504.978	5.541.990.714.054
44	128.883.504.978	5.670.874.219.032	128.883.504.978	5.670.874.219.032
45	128.883.504.978	5.799.757.724.010	128.883.504.978	5.799.757.724.010
46	128.883.504.978	5.928.641.228.988	128.883.504.978	5.928.641.228.988
47	128.883.504.978	6.057.524.733.966	128.883.504.978	6.057.524.733.966
48	128.883.504.978	6.186.408.238.944	128.883.504.978	6.186.408.238.944
49	128.883.504.978	6.315.291.743.922	128.883.504.978	6.315.291.743.922

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya Kesehatan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kesehatan Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Kesehatan di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kesehatan Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	128.883.504.978	6.444.175.248.900	128.883.504.978	6.444.175.248.900
51	128.883.504.978	6.573.058.753.878	128.883.504.978	6.573.058.753.878
52	128.883.504.978	6.701.942.258.856	128.883.504.978	6.701.942.258.856
53	128.883.504.978	6.830.825.763.834	128.883.504.978	6.830.825.763.834
54	128.883.504.978	6.959.709.268.812	128.883.504.978	6.959.709.268.812
55	128.883.504.978	7.088.592.773.790	128.883.504.978	7.088.592.773.790
56	128.883.504.978	7.217.476.278.768	128.883.504.978	7.217.476.278.768
57	128.883.504.978	7.346.359.783.746	128.883.504.978	7.346.359.783.746
58	128.883.504.978	7.475.243.288.724	128.883.504.978	7.475.243.288.724
59	128.883.504.978	7.604.126.793.702	128.883.504.978	7.604.126.793.702
60	128.883.504.978	7.733.010.298.680	128.883.504.978	7.733.010.298.680
61	128.883.504.978	7.861.893.803.658	128.883.504.978	7.861.893.803.658
62	128.883.504.978	7.990.777.308.636	128.883.504.978	7.990.777.308.636
63	128.883.504.978	8.119.660.813.614	128.883.504.978	8.119.660.813.614
64	128.883.504.978	8.248.544.318.592	128.883.504.978	8.248.544.318.592
65	128.883.504.978	8.377.427.823.570	128.883.504.978	8.377.427.823.570
66	128.883.504.978	8.506.311.328.548	128.883.504.978	8.506.311.328.548
67	128.883.504.978	8.635.194.833.526	128.883.504.978	8.635.194.833.526
68	128.883.504.978	8.764.078.338.504	128.883.504.978	8.764.078.338.504
69	128.883.504.978	8.892.961.843.482	128.883.504.978	8.892.961.843.482
70	128.883.504.978	9.021.845.348.460	128.883.504.978	9.021.845.348.460
71	128.883.504.978	9.150.728.853.438	128.883.504.978	9.150.728.853.438
72	128.883.504.978	9.279.612.358.416	128.883.504.978	9.279.612.358.416
73	128.883.504.978	9.408.495.863.394	128.883.504.978	9.408.495.863.394
74	128.883.504.978	9.537.379.368.372	128.883.504.978	9.537.379.368.372
75	128.883.504.978	9.666.262.873.350	128.883.504.978	9.666.262.873.350
76	128.883.504.978	9.795.146.378.328	128.883.504.978	9.795.146.378.328
77	128.883.504.978	9.924.029.883.306	128.883.504.978	9.924.029.883.306
78	128.883.504.978	10.052.913.388.284	128.883.504.978	10.052.913.388.284
79	128.883.504.978	10.181.796.893.262	128.883.504.978	10.181.796.893.262
80	128.883.504.978	10.310.680.398.240	128.883.504.978	10.310.680.398.240
81	128.883.504.978	10.439.563.903.218	128.883.504.978	10.439.563.903.218
82	128.883.504.978	10.568.447.408.196	128.883.504.978	10.568.447.408.196
83	128.883.504.978	10.697.330.913.174	128.883.504.978	10.697.330.913.174
84	128.883.504.978	10.826.214.418.152	128.883.504.978	10.826.214.418.152
85	128.883.504.978	10.955.097.923.130	128.883.504.978	10.955.097.923.130
86	128.883.504.978	11.083.981.428.108	128.883.504.978	11.083.981.428.108
87	128.883.504.978	11.212.864.933.086	128.883.504.978	11.212.864.933.086
88	128.883.504.978	11.341.748.438.064	128.883.504.978	11.341.748.438.064
89	128.883.504.978	11.470.631.943.042	128.883.504.978	11.470.631.943.042
90	128.883.504.978	11.599.515.448.020	128.883.504.978	11.599.515.448.020
91	128.883.504.978	11.728.398.952.998	128.883.504.978	11.728.398.952.998
92	128.883.504.978	11.857.282.457.976	128.883.504.978	11.857.282.457.976
93	128.883.504.978	11.986.165.962.954	128.883.504.978	11.986.165.962.954
94	128.883.504.978	12.115.049.467.932	128.883.504.978	12.115.049.467.932
95	128.883.504.978	12.243.932.972.910	128.883.504.978	12.243.932.972.910
96	128.883.504.978	12.372.816.477.888	128.883.504.978	12.372.816.477.888
97	128.883.504.978	12.501.699.982.866	128.883.504.978	12.501.699.982.866
98	128.883.504.978	12.630.583.487.844	128.883.504.978	12.630.583.487.844
99	128.883.504.978	12.759.466.992.822	128.883.504.978	12.759.466.992.822
100	128.883.504.978	12.888.350.497.800	128.883.504.978	12.888.350.497.800

Tabel B-3

Perhitungan Biaya Air Rumah Tangga per Tahun

	Skenario 1		Skenario 2	
Tahun	Biaya Air Rumah Tangga di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Air Rumah Tangga Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Air Rumah Tangga di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Air Rumah Tangga Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	3.579.419.498	3.579.419.498	4.772.559.330	4.772.559.330
2	7.158.838.995	10.738.258.493	9.545.118.660	14.317.677.990
3	10.738.258.493	21.476.516.986	14.317.677.990	28.635.355.980
4	14.317.677.990	35.794.194.976	19.090.237.320	47.725.593.300
5	17.897.097.488	53.691.292.464	23.862.796.650	71.588.389.950
6	21.476.516.985	75.167.809.449	28.635.355.980	100.223.745.930
7	25.055.936.483	100.223.745.932	33.407.915.310	133.631.661.240
8	27.024.720.450	127.248.466.382	27.024.720.450	160.656.381.690
9	27.024.720.450	154.273.186.832	27.024.720.450	187.681.102.140
10	27.024.720.450	181.297.907.282	27.024.720.450	214.705.822.590
11	27.024.720.450	208.322.627.732	27.024.720.450	241.730.543.040
12	27.024.720.450	235.347.348.182	27.024.720.450	268.755.263.490
13	27.024.720.450	262.372.068.632	27.024.720.450	295.779.983.940
14	27.024.720.450	289.396.789.082	27.024.720.450	322.804.704.390
15	27.024.720.450	316.421.509.532	27.024.720.450	349.829.424.840
16	27.024.720.450	343.446.229.982	27.024.720.450	376.854.145.290
17	27.024.720.450	370.470.950.432	27.024.720.450	403.878.865.740
18	27.024.720.450	397.495.670.882	27.024.720.450	430.903.586.190
19	27.024.720.450	424.520.391.332	27.024.720.450	457.928.306.640
20	27.024.720.450	451.545.111.782	27.024.720.450	484.953.027.090
21	27.024.720.450	478.569.832.232	27.024.720.450	511.977.747.540
22	27.024.720.450	505.594.552.682	27.024.720.450	539.002.467.990
23	27.024.720.450	532.619.273.132	27.024.720.450	566.027.188.440
24	27.024.720.450	559.643.993.582	27.024.720.450	593.051.908.890
25	27.024.720.450	586.668.714.032	27.024.720.450	620.076.629.340
26	27.024.720.450	613.693.434.482	27.024.720.450	647.101.349.790
27	27.024.720.450	640.718.154.932	27.024.720.450	674.126.070.240
28	27.024.720.450	667.742.875.382	27.024.720.450	701.150.790.690
29	27.024.720.450	694.767.595.832	27.024.720.450	728.175.511.140
30	27.024.720.450	721.792.316.282	27.024.720.450	755.200.231.590
31	27.024.720.450	748.817.036.732	27.024.720.450	782.224.952.040
32	27.024.720.450	775.841.757.182	27.024.720.450	809.249.672.490
33	27.024.720.450	802.866.477.632	27.024.720.450	836.274.392.940
34	27.024.720.450	829.891.198.082	27.024.720.450	863.299.113.390
35	27.024.720.450	856.915.918.532	27.024.720.450	890.323.833.840
36	27.024.720.450	883.940.638.982	27.024.720.450	917.348.554.290
37	27.024.720.450	910.965.359.432	27.024.720.450	944.373.274.740
38	27.024.720.450	937.990.079.882	27.024.720.450	971.397.995.190
39	27.024.720.450	965.014.800.332	27.024.720.450	998.422.715.640
40	27.024.720.450	992.039.520.782	27.024.720.450	1.025.447.436.090
41	27.024.720.450	1.019.064.241.232	27.024.720.450	1.052.472.156.540
42	27.024.720.450	1.046.088.961.682	27.024.720.450	1.079.496.876.990
43	27.024.720.450	1.073.113.682.132	27.024.720.450	1.106.521.597.440
44	27.024.720.450	1.100.138.402.582	27.024.720.450	1.133.546.317.890
45	27.024.720.450	1.127.163.123.032	27.024.720.450	1.160.571.038.340
46	27.024.720.450	1.154.187.843.482	27.024.720.450	1.187.595.758.790
47	27.024.720.450	1.181.212.563.932	27.024.720.450	1.214.620.479.240
48	27.024.720.450	1.208.237.284.382	27.024.720.450	1.241.645.199.690
49	27.024.720.450	1.235.262.004.832	27.024.720.450	1.268.669.920.140

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya Air Rumah Tangga di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Air Rumah Tangga Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Air Rumah Tangga di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Air Rumah Tangga Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	27.024.720.450	1.262.286.725.282	27.024.720.450	1.295.694.640.590
51	27.024.720.450	1.289.311.445.732	27.024.720.450	1.322.719.361.040
52	27.024.720.450	1.316.336.166.182	27.024.720.450	1.349.744.081.490
53	27.024.720.450	1.343.360.886.632	27.024.720.450	1.376.768.801.940
54	27.024.720.450	1.370.385.607.082	27.024.720.450	1.403.793.522.390
55	27.024.720.450	1.397.410.327.532	27.024.720.450	1.430.818.242.840
56	27.024.720.450	1.424.435.047.982	27.024.720.450	1.457.842.963.290
57	27.024.720.450	1.451.459.768.432	27.024.720.450	1.484.867.683.740
58	27.024.720.450	1.478.484.488.882	27.024.720.450	1.511.892.404.190
59	27.024.720.450	1.505.509.209.332	27.024.720.450	1.538.917.124.640
60	27.024.720.450	1.532.533.929.782	27.024.720.450	1.565.941.845.090
61	27.024.720.450	1.559.558.650.232	27.024.720.450	1.592.966.565.540
62	27.024.720.450	1.586.583.370.682	27.024.720.450	1.619.991.285.990
63	27.024.720.450	1.613.608.091.132	27.024.720.450	1.647.016.006.440
64	27.024.720.450	1.640.632.811.582	27.024.720.450	1.674.040.726.890
65	27.024.720.450	1.667.657.532.032	27.024.720.450	1.701.065.447.340
66	27.024.720.450	1.694.682.252.482	27.024.720.450	1.728.090.167.790
67	27.024.720.450	1.721.706.972.932	27.024.720.450	1.755.114.888.240
68	27.024.720.450	1.748.731.693.382	27.024.720.450	1.782.139.608.690
69	27.024.720.450	1.775.756.413.832	27.024.720.450	1.809.164.329.140
70	27.024.720.450	1.802.781.134.282	27.024.720.450	1.836.189.049.590
71	27.024.720.450	1.829.805.854.732	27.024.720.450	1.863.213.770.040
72	27.024.720.450	1.856.830.575.182	27.024.720.450	1.890.238.490.490
73	27.024.720.450	1.883.855.295.632	27.024.720.450	1.917.263.210.940
74	27.024.720.450	1.910.880.016.082	27.024.720.450	1.944.287.931.390
75	27.024.720.450	1.937.904.736.532	27.024.720.450	1.971.312.651.840
76	27.024.720.450	1.964.929.456.982	27.024.720.450	1.998.337.372.290
77	27.024.720.450	1.991.954.177.432	27.024.720.450	2.025.362.092.740
78	27.024.720.450	2.018.978.897.882	27.024.720.450	2.052.386.813.190
79	27.024.720.450	2.046.003.618.332	27.024.720.450	2.079.411.533.640
80	27.024.720.450	2.073.028.338.782	27.024.720.450	2.106.436.254.090
81	27.024.720.450	2.100.053.059.232	27.024.720.450	2.133.460.974.540
82	27.024.720.450	2.127.077.779.682	27.024.720.450	2.160.485.694.990
83	27.024.720.450	2.154.102.500.132	27.024.720.450	2.187.510.415.440
84	27.024.720.450	2.181.127.220.582	27.024.720.450	2.214.535.135.890
85	27.024.720.450	2.208.151.941.032	27.024.720.450	2.241.559.856.340
86	27.024.720.450	2.235.176.661.482	27.024.720.450	2.268.584.576.790
87	27.024.720.450	2.262.201.381.932	27.024.720.450	2.295.609.297.240
88	27.024.720.450	2.289.226.102.382	27.024.720.450	2.322.634.017.690
89	27.024.720.450	2.316.250.822.832	27.024.720.450	2.349.658.738.140
90	27.024.720.450	2.343.275.543.282	27.024.720.450	2.376.683.458.590
91	27.024.720.450	2.370.300.263.732	27.024.720.450	2.403.708.179.040
92	27.024.720.450	2.397.324.984.182	27.024.720.450	2.430.732.899.490
93	27.024.720.450	2.424.349.704.632	27.024.720.450	2.457.757.619.940
94	27.024.720.450	2.451.374.425.082	27.024.720.450	2.484.782.340.390
95	27.024.720.450	2.478.399.145.532	27.024.720.450	2.511.807.060.840
96	27.024.720.450	2.505.423.865.982	27.024.720.450	2.538.831.781.290
97	27.024.720.450	2.532.448.586.432	27.024.720.450	2.565.856.501.740
98	27.024.720.450	2.559.473.306.882	27.024.720.450	2.592.881.222.190
99	27.024.720.450	2.586.498.027.332	27.024.720.450	2.619.905.942.640
100	27.024.720.450	2.613.522.747.782	27.024.720.450	2.646.930.663.090

Tabel B-4
Perhitungan Kerugian Pertanian Padi per Tahun

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Kerugian Pertanian Padi di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Pertanian Padi Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Kerugian Pertanian Padi di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Pertanian Padi Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	2.493.437.923	2.493.437.923
7	0	0	9.881.875.718	12.375.313.641
8	2.493.437.923	2.493.437.923	17.270.313.514	29.645.627.155
9	8.034.766.270	10.528.204.193	24.658.751.309	54.304.378.464
10	13.576.094.616	24.104.298.809	32.047.189.104	86.351.567.568
11	19.117.422.962	43.221.721.771	39.435.626.899	125.787.194.467
12	24.658.751.309	67.880.473.080	46.824.064.694	172.611.259.161
13	30.200.079.655	98.080.552.735	54.212.502.490	226.823.761.651
14	35.741.408.002	133.821.960.737	61.600.940.285	288.424.701.936
15	41.282.736.348	175.104.697.085	68.989.378.080	357.414.080.016
16	46.824.064.694	221.928.761.779	75.996.176.419	433.410.256.435
17	52.365.393.041	274.294.154.820	83.002.974.758	516.413.231.193
18	57.906.721.387	332.200.876.207	90.009.773.098	606.423.004.291
19	63.448.049.734	395.648.925.941	97.016.571.437	703.439.575.728
20	68.989.378.080	464.638.304.021	104.023.369.776	807.462.945.504
21	73.894.136.917	538.532.440.938	111.030.168.115	918.493.113.619
22	78.798.895.755	617.331.336.693	118.036.966.454	1.036.530.080.073
23	83.703.654.592	701.034.991.285	125.043.764.794	1.161.573.844.867
24	88.608.413.430	789.643.404.715	132.050.563.133	1.293.624.408.000
25	93.513.172.267	883.156.576.982	139.057.361.472	1.432.681.769.472
26	98.417.931.105	981.574.508.087	146.064.159.811	1.578.745.929.283
27	103.322.689.942	1.084.897.198.029	153.070.958.150	1.731.816.887.433
28	108.227.448.780	1.193.124.646.809	160.077.756.490	1.891.894.643.923
29	113.132.207.617	1.306.256.854.426	167.084.554.829	2.058.979.198.752
30	118.036.966.454	1.424.293.820.880	174.091.353.168	2.233.070.551.920
31	122.941.725.292	1.547.235.546.172	181.098.151.507	2.414.168.703.427
32	127.846.484.129	1.675.082.030.301	188.104.949.846	2.602.273.653.273
33	132.751.242.967	1.807.833.273.268	195.111.748.186	2.797.385.401.459
34	137.656.001.804	1.945.489.275.072	202.118.546.525	2.999.503.947.984
35	142.560.760.642	2.088.050.035.714	209.125.344.864	3.208.629.292.848
36	147.465.519.479	2.235.515.555.193	216.132.143.203	3.424.761.436.051
37	152.370.278.316	2.387.885.833.509	223.138.941.542	3.647.900.377.593
38	157.275.037.154	2.545.160.870.663	230.145.739.882	3.878.046.117.475
39	162.179.795.991	2.707.340.666.654	237.152.538.221	4.115.198.655.696
40	167.084.554.829	2.874.425.221.483	244.159.336.560	4.359.357.992.256
41	171.989.313.666	3.046.414.535.149	251.166.134.899	4.610.524.127.155
42	176.894.072.504	3.223.308.607.653	258.172.933.238	4.868.697.060.393
43	181.798.831.341	3.405.107.438.994	265.179.731.578	5.133.876.791.971
44	186.703.590.179	3.591.811.029.173	272.186.529.917	5.406.063.321.888
45	191.608.349.016	3.783.419.378.189	279.193.328.256	5.685.256.650.144
46	196.513.107.853	3.979.932.486.042	286.200.126.595	5.971.456.776.739
47	201.417.866.691	4.181.350.352.733	293.206.924.934	6.264.663.701.673
48	206.322.625.528	4.387.672.978.261	300.213.723.274	6.564.877.424.947
49	211.227.384.366	4.598.900.362.627	307.220.521.613	6.872.097.946.560

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Kerugian Pertanian Padi di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Pertanian Padi Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Kerugian Pertanian Padi di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Kerugian Pertanian Padi Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	216.132.143.203	4.815.032.505.830	314.227.319.952	7.186.325.266.512
51	221.036.902.041	5.036.069.407.871	314.227.319.952	7.500.552.586.464
52	225.941.660.878	5.262.011.068.749	314.227.319.952	7.814.779.906.416
53	230.846.419.716	5.492.857.488.465	314.227.319.952	8.129.007.226.368
54	235.751.178.553	5.728.608.667.018	314.227.319.952	8.443.234.546.320
55	240.655.937.390	5.969.264.604.408	314.227.319.952	8.757.461.866.272
56	245.560.696.228	6.214.825.300.636	314.227.319.952	9.071.689.186.224
57	250.465.455.065	6.465.290.755.701	314.227.319.952	9.385.916.506.176
58	255.370.213.903	6.720.660.969.604	314.227.319.952	9.700.143.826.128
59	260.274.972.740	6.980.935.942.344	314.227.319.952	10.014.371.146.080
60	265.179.731.578	7.246.115.673.922	314.227.319.952	10.328.598.466.032
61	270.084.490.415	7.516.200.164.337	314.227.319.952	10.642.825.785.984
62	274.989.249.252	7.791.189.413.589	314.227.319.952	10.957.053.105.936
63	279.894.008.090	8.071.083.421.679	314.227.319.952	11.271.280.425.888
64	284.798.766.927	8.355.882.188.606	314.227.319.952	11.585.507.745.840
65	289.703.525.765	8.645.585.714.371	314.227.319.952	11.899.735.065.792
66	294.608.284.602	8.940.193.998.973	314.227.319.952	12.213.962.385.744
67	299.513.043.440	9.239.707.042.413	314.227.319.952	12.528.189.705.696
68	304.417.802.277	9.544.124.844.690	314.227.319.952	12.842.417.025.648
69	309.322.561.115	9.853.447.405.805	314.227.319.952	13.156.644.345.600
70	314.227.319.952	10.167.674.725.757	314.227.319.952	13.470.871.665.552
71	314.227.319.952	10.481.902.045.709	314.227.319.952	13.785.098.985.504
72	314.227.319.952	10.796.129.365.661	314.227.319.952	14.099.326.305.456
73	314.227.319.952	11.110.356.685.613	314.227.319.952	14.413.553.625.408
74	314.227.319.952	11.424.584.005.565	314.227.319.952	14.727.780.945.360
75	314.227.319.952	11.738.811.325.517	314.227.319.952	15.042.008.265.312
76	314.227.319.952	12.053.038.645.469	314.227.319.952	15.356.235.585.264
77	314.227.319.952	12.367.265.965.421	314.227.319.952	15.670.462.905.216
78	314.227.319.952	12.681.493.285.373	314.227.319.952	15.984.690.225.168
79	314.227.319.952	12.995.720.605.325	314.227.319.952	16.298.917.545.120
80	314.227.319.952	13.309.947.925.277	314.227.319.952	16.613.144.865.072
81	314.227.319.952	13.624.175.245.229	314.227.319.952	16.927.372.185.024
82	314.227.319.952	13.938.402.565.181	314.227.319.952	17.241.599.504.976
83	314.227.319.952	14.252.629.885.133	314.227.319.952	17.555.826.824.928
84	314.227.319.952	14.566.857.205.085	314.227.319.952	17.870.054.144.880
85	314.227.319.952	14.881.084.525.037	314.227.319.952	18.184.281.464.832
86	314.227.319.952	15.195.311.844.989	314.227.319.952	18.498.508.784.784
87	314.227.319.952	15.509.539.164.941	314.227.319.952	18.812.736.104.736
88	314.227.319.952	15.823.766.484.893	314.227.319.952	19.126.963.424.688
89	314.227.319.952	16.137.993.804.845	314.227.319.952	19.441.190.744.640
90	314.227.319.952	16.452.221.124.797	314.227.319.952	19.755.418.064.592
91	314.227.319.952	16.766.448.444.749	314.227.319.952	20.069.645.384.544
92	314.227.319.952	17.080.675.764.701	314.227.319.952	20.383.872.704.496
93	314.227.319.952	17.394.903.084.653	314.227.319.952	20.698.100.024.448
94	314.227.319.952	17.709.130.404.605	314.227.319.952	21.012.327.344.400
95	314.227.319.952	18.023.357.724.557	314.227.319.952	21.326.554.664.352
96	314.227.319.952	18.337.585.044.509	314.227.319.952	21.640.781.984.304
97	314.227.319.952	18.651.812.364.461	314.227.319.952	21.955.009.304.256
98	314.227.319.952	18.966.039.684.413	314.227.319.952	22.269.236.624.208
99	314.227.319.952	19.280.267.004.365	314.227.319.952	22.583.463.944.160
100	314.227.319.952	19.594.494.324.317	314.227.319.952	22.897.691.264.112

Tabel B-5
Perhitungan Biaya CO₂ per Tahun

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya CO ₂ di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya CO ₂ Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya CO ₂ di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya CO ₂ Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	2.019.138	2.019.138	2.692.184	2.692.184
2	4.038.276	6.057.414	5.384.369	8.076.553
3	6.057.415	12.114.829	8.076.553	16.153.106
4	8.076.553	20.191.382	10.768.737	26.921.843
5	10.095.691	30.287.073	13.460.922	40.382.765
6	12.114.829	42.401.902	16.153.106	56.535.871
7	14.133.968	56.535.870	18.845.290	75.381.161
8	16.153.106	72.688.976	21.537.475	96.918.636
9	18.172.244	90.861.220	24.229.659	121.148.295
10	20.191.382	111.052.602	26.921.843	148.070.138
11	22.210.521	133.263.123	29.614.028	177.684.166
12	24.229.659	157.492.782	32.306.212	209.990.378
13	26.248.797	183.741.579	34.998.396	244.988.774
14	28.267.935	212.009.514	37.690.580	282.679.354
15	30.287.074	242.296.588	40.382.765	323.062.119
16	32.306.212	274.602.800	42.935.888	365.998.007
17	34.325.350	308.928.150	45.489.011	411.487.018
18	36.344.488	345.272.638	48.042.135	459.529.153
19	38.363.627	383.636.265	50.595.258	510.124.411
20	40.382.765	424.019.030	53.148.381	563.272.792
21	42.169.951	466.188.981	55.701.505	618.974.297
22	43.957.137	510.146.118	58.254.628	677.228.925
23	45.744.324	555.890.442	60.807.751	738.036.676
24	47.531.510	603.421.952	63.360.874	801.397.550
25	49.318.696	652.740.648	65.913.998	867.311.548
26	51.105.883	703.846.531	68.467.121	935.778.669
27	52.893.069	756.739.600	71.020.244	1.006.798.913
28	54.680.255	811.419.855	73.573.368	1.080.372.281
29	56.467.442	867.887.297	76.126.491	1.156.498.772
30	58.254.628	926.141.925	78.679.614	1.235.178.386
31	60.041.814	986.183.739	81.232.737	1.316.411.123
32	61.829.000	1.048.012.739	83.785.861	1.400.196.984
33	63.616.187	1.111.628.926	86.338.984	1.486.535.968
34	65.403.373	1.177.032.299	88.892.107	1.575.428.075
35	67.190.559	1.244.222.858	91.445.231	1.666.873.306
36	68.977.746	1.313.200.604	93.998.354	1.760.871.660
37	70.764.932	1.383.965.536	96.551.477	1.857.423.137
38	72.552.118	1.456.517.654	99.104.601	1.956.527.738
39	74.339.305	1.530.856.959	101.657.724	2.058.185.462
40	76.126.491	1.606.983.450	104.210.847	2.162.396.309
41	77.913.677	1.684.897.127	106.763.970	2.269.160.279
42	79.700.863	1.764.597.990	109.317.094	2.378.477.373
43	81.488.050	1.846.086.040	111.870.217	2.490.347.590
44	83.275.236	1.929.361.276	114.423.340	2.604.770.930
45	85.062.422	2.014.423.698	116.976.464	2.721.747.394
46	86.849.609	2.101.273.307	119.529.587	2.841.276.981
47	88.636.795	2.189.910.102	122.082.710	2.963.359.691
48	90.423.981	2.280.334.083	124.635.833	3.087.995.524
49	92.211.168	2.372.545.251	127.188.957	3.215.184.481

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya CO ₂ di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya CO ₂ Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya CO ₂ di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya CO ₂ Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	93.998.354	2.466.543.605	129.742.080	3.344.926.561
51	95.785.540	2.562.329.145	129.742.080	3.474.668.641
52	97.572.727	2.659.901.872	129.742.080	3.604.410.721
53	99.359.913	2.759.261.785	129.742.080	3.734.152.801
54	101.147.099	2.860.408.884	129.742.080	3.863.894.881
55	102.934.285	2.963.343.169	129.742.080	3.993.636.961
56	104.721.472	3.068.064.641	129.742.080	4.123.379.041
57	106.508.658	3.174.573.299	129.742.080	4.253.121.121
58	108.295.844	3.282.869.143	129.742.080	4.382.863.201
59	110.083.031	3.392.952.174	129.742.080	4.512.605.281
60	111.870.217	3.504.822.391	129.742.080	4.642.347.361
61	113.657.403	3.618.479.794	129.742.080	4.772.089.441
62	115.444.590	3.733.924.384	129.742.080	4.901.831.521
63	117.231.776	3.851.156.160	129.742.080	5.031.573.601
64	119.018.962	3.970.175.122	129.742.080	5.161.315.681
65	120.806.148	4.090.981.270	129.742.080	5.291.057.761
66	122.593.335	4.213.574.605	129.742.080	5.420.799.841
67	124.380.521	4.337.955.126	129.742.080	5.550.541.921
68	126.167.707	4.464.122.833	129.742.080	5.680.284.001
69	127.954.894	4.592.077.727	129.742.080	5.810.026.081
70	129.742.080	4.721.819.807	129.742.080	5.939.768.161
71	129.742.080	4.851.561.887	129.742.080	6.069.510.241
72	129.742.080	4.981.303.967	129.742.080	6.199.252.321
73	129.742.080	5.111.046.047	129.742.080	6.328.994.401
74	129.742.080	5.240.788.127	129.742.080	6.458.736.481
75	129.742.080	5.370.530.207	129.742.080	6.588.478.561
76	129.742.080	5.500.272.287	129.742.080	6.718.220.641
77	129.742.080	5.630.014.367	129.742.080	6.847.962.721
78	129.742.080	5.759.756.447	129.742.080	6.977.704.801
79	129.742.080	5.889.498.527	129.742.080	7.107.446.881
80	129.742.080	6.019.240.607	129.742.080	7.237.188.961
81	129.742.080	6.148.982.687	129.742.080	7.366.931.041
82	129.742.080	6.278.724.767	129.742.080	7.496.673.121
83	129.742.080	6.408.466.847	129.742.080	7.626.415.201
84	129.742.080	6.538.208.927	129.742.080	7.756.157.281
85	129.742.080	6.667.951.007	129.742.080	7.885.899.361
86	129.742.080	6.797.693.087	129.742.080	8.015.641.441
87	129.742.080	6.927.435.167	129.742.080	8.145.383.521
88	129.742.080	7.057.177.247	129.742.080	8.275.125.601
89	129.742.080	7.186.919.327	129.742.080	8.404.867.681
90	129.742.080	7.316.661.407	129.742.080	8.534.609.761
91	129.742.080	7.446.403.487	129.742.080	8.664.351.841
92	129.742.080	7.576.145.567	129.742.080	8.794.093.921
93	129.742.080	7.705.887.647	129.742.080	8.923.836.001
94	129.742.080	7.835.629.727	129.742.080	9.053.578.081
95	129.742.080	7.965.371.807	129.742.080	9.183.320.161
96	129.742.080	8.095.113.887	129.742.080	9.313.062.241
97	129.742.080	8.224.855.967	129.742.080	9.442.804.321
98	129.742.080	8.354.598.047	129.742.080	9.572.546.401
99	129.742.080	8.484.340.127	129.742.080	9.702.288.481
100	129.742.080	8.614.082.207	129.742.080	9.832.030.561

Tabel B-6
Perhitungan Biaya Kerusakan Biodiversitas per Tahun

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya Kerusakan Biodiversitas di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kerusakan Biodiversitas Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Kerusakan Biodiversitas di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kerusakan Biodiversitas Hingga Tahun Tersebut (Rp)
1	732.969.238	732.969.238	977.292.317	977.292.317
2	1.465.938.475	2.198.907.713	1.954.584.633	2.931.876.950
3	2.198.907.713	4.397.815.426	2.931.876.950	5.863.753.900
4	2.931.876.950	7.329.692.376	3.909.169.267	9.772.923.167
5	3.664.846.188	10.994.538.564	4.886.461.584	14.659.384.751
6	4.397.815.425	15.392.353.989	5.863.753.900	20.523.138.651
7	5.130.784.663	20.523.138.652	6.841.046.217	27.364.184.868
8	5.863.753.900	26.386.892.552	7.818.338.534	35.182.523.402
9	6.596.723.138	32.983.615.690	8.795.630.850	43.978.154.252
10	7.329.692.375	40.313.308.065	9.772.923.167	53.751.077.419
11	8.062.661.613	48.375.969.678	10.750.215.484	64.501.292.903
12	8.795.630.850	57.171.600.528	11.727.507.800	76.228.800.703
13	9.528.600.088	66.700.200.616	12.704.800.117	88.933.600.820
14	10.261.569.325	76.961.769.941	13.682.092.434	102.615.693.254
15	10.994.538.563	87.956.308.504	14.659.384.751	117.275.078.005
16	11.727.507.800	99.683.816.304	15.586.196.395	132.861.274.400
17	12.460.477.038	112.144.293.342	16.513.008.039	149.374.282.439
18	13.193.446.275	125.337.739.617	17.439.819.683	166.814.102.122
19	13.926.415.513	139.264.155.130	18.366.631.328	185.180.733.450
20	14.659.384.751	153.923.539.881	19.293.442.972	204.474.176.422
21	15.308.152.901	169.231.692.782	20.220.254.616	224.694.431.038
22	15.956.921.052	185.188.613.834	21.147.066.260	245.841.497.298
23	16.605.689.203	201.794.303.037	22.073.877.905	267.915.375.203
24	17.254.457.354	219.048.760.391	23.000.689.549	290.916.064.752
25	17.903.225.505	236.951.985.896	23.927.501.193	314.843.565.945
26	18.551.993.656	255.503.979.552	24.854.312.837	339.697.878.782
27	19.200.761.807	274.704.741.359	25.781.124.482	365.479.003.264
28	19.849.529.958	294.554.271.317	26.707.936.126	392.186.939.390
29	20.498.298.109	315.052.569.426	27.634.747.770	419.821.687.160
30	21.147.066.260	336.199.635.686	28.561.559.415	448.383.246.575
31	21.795.834.411	357.995.470.097	29.488.371.059	477.871.617.634
32	22.444.602.562	380.440.072.659	30.415.182.703	508.286.800.337
33	23.093.370.713	403.533.443.372	31.341.994.347	539.628.794.684
34	23.742.138.864	427.275.582.236	32.268.805.992	571.897.600.676
35	24.390.907.015	451.666.489.251	33.195.617.636	605.093.218.312
36	25.039.675.166	476.706.164.417	34.122.429.280	639.215.647.592
37	25.688.443.317	502.394.607.734	35.049.240.924	674.264.888.516
38	26.337.211.468	528.731.819.202	35.976.052.569	710.240.941.085
39	26.985.979.619	555.717.798.821	36.902.864.213	747.143.805.298
40	27.634.747.770	583.352.546.591	37.829.675.857	784.973.481.155
41	28.283.515.921	611.636.062.512	38.756.487.502	823.729.968.657
42	28.932.284.072	640.568.346.584	39.683.299.146	863.413.267.803
43	29.581.052.223	670.149.398.807	40.610.110.790	904.023.378.593
44	30.229.820.374	700.379.219.181	41.536.922.434	945.560.301.027
45	30.878.588.525	731.257.807.706	42.463.734.079	988.024.035.106
46	31.527.356.676	762.785.164.382	43.390.545.723	1.031.414.580.829
47	32.176.124.827	794.961.289.209	44.317.357.367	1.075.731.938.196
48	32.824.892.978	827.786.182.187	45.244.169.011	1.120.976.107.207
49	33.473.661.129	861.259.843.316	46.170.980.656	1.167.147.087.863

Tahun	Skenario 1		Skenario 2	
	Biaya Kerusakan Biodiversitas di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kerusakan Biodiversitas Hingga Tahun Tersebut (Rp)	Biaya Kerusakan Biodiversitas di Tahun tersebut (Rp)	Total Akumulasi Biaya Kerusakan Biodiversitas Hingga Tahun Tersebut (Rp)
50	34.122.429.280	895.382.272.596	47.097.792.300	1.214.244.880.163
51	34.771.197.431	930.153.470.027	47.097.792.300	1.261.342.672.463
52	35.419.965.582	965.573.435.609	47.097.792.300	1.308.440.464.763
53	36.068.733.733	1.001.642.169.342	47.097.792.300	1.355.538.257.063
54	36.717.501.884	1.038.359.671.226	47.097.792.300	1.402.636.049.363
55	37.366.270.035	1.075.725.941.261	47.097.792.300	1.449.733.841.663
56	38.015.038.186	1.113.740.979.447	47.097.792.300	1.496.831.633.963
57	38.663.806.337	1.152.404.785.784	47.097.792.300	1.543.929.426.263
58	39.312.574.488	1.191.717.360.272	47.097.792.300	1.591.027.218.563
59	39.961.342.639	1.231.678.702.911	47.097.792.300	1.638.125.010.863
60	40.610.110.790	1.272.288.813.701	47.097.792.300	1.685.222.803.163
61	41.258.878.941	1.313.547.692.642	47.097.792.300	1.732.320.595.463
62	41.907.647.092	1.355.455.339.734	47.097.792.300	1.779.418.387.763
63	42.556.415.243	1.398.011.754.977	47.097.792.300	1.826.516.180.063
64	43.205.183.394	1.441.216.938.371	47.097.792.300	1.873.613.972.363
65	43.853.951.545	1.485.070.889.916	47.097.792.300	1.920.711.764.663
66	44.502.719.696	1.529.573.609.612	47.097.792.300	1.967.809.556.963
67	45.151.487.847	1.574.725.097.459	47.097.792.300	2.014.907.349.263
68	45.800.255.998	1.620.525.353.457	47.097.792.300	2.062.005.141.563
69	46.449.024.149	1.666.974.377.606	47.097.792.300	2.109.102.933.863
70	47.097.792.300	1.714.072.169.906	47.097.792.300	2.156.200.726.163
71	47.097.792.300	1.761.169.962.206	47.097.792.300	2.203.298.518.463
72	47.097.792.300	1.808.267.754.506	47.097.792.300	2.250.396.310.763
73	47.097.792.300	1.855.365.546.806	47.097.792.300	2.297.494.103.063
74	47.097.792.300	1.902.463.339.106	47.097.792.300	2.344.591.895.363
75	47.097.792.300	1.949.561.131.406	47.097.792.300	2.391.689.687.663
76	47.097.792.300	1.996.658.923.706	47.097.792.300	2.438.787.479.963
77	47.097.792.300	2.043.756.716.006	47.097.792.300	2.485.885.272.263
78	47.097.792.300	2.090.854.508.306	47.097.792.300	2.532.983.064.563
79	47.097.792.300	2.137.952.300.606	47.097.792.300	2.580.080.856.863
80	47.097.792.300	2.185.050.092.906	47.097.792.300	2.627.178.649.163
81	47.097.792.300	2.232.147.885.206	47.097.792.300	2.674.276.441.463
82	47.097.792.300	2.279.245.677.506	47.097.792.300	2.721.374.233.763
83	47.097.792.300	2.326.343.469.806	47.097.792.300	2.768.472.026.063
84	47.097.792.300	2.373.441.262.106	47.097.792.300	2.815.569.818.363
85	47.097.792.300	2.420.539.054.406	47.097.792.300	2.862.667.610.663
86	47.097.792.300	2.467.636.846.706	47.097.792.300	2.909.765.402.963
87	47.097.792.300	2.514.734.639.006	47.097.792.300	2.956.863.195.263
88	47.097.792.300	2.561.832.431.306	47.097.792.300	3.003.960.987.563
89	47.097.792.300	2.608.930.223.606	47.097.792.300	3.051.058.779.863
90	47.097.792.300	2.656.028.015.906	47.097.792.300	3.098.156.572.163
91	47.097.792.300	2.703.125.808.206	47.097.792.300	3.145.254.364.463
92	47.097.792.300	2.750.223.600.506	47.097.792.300	3.192.352.156.763
93	47.097.792.300	2.797.321.392.806	47.097.792.300	3.239.449.949.063
94	47.097.792.300	2.844.419.185.106	47.097.792.300	3.286.547.741.363
95	47.097.792.300	2.891.516.977.406	47.097.792.300	3.333.645.533.663
96	47.097.792.300	2.938.614.769.706	47.097.792.300	3.380.743.325.963
97	47.097.792.300	2.985.712.562.006	47.097.792.300	3.427.841.118.263
98	47.097.792.300	3.032.810.354.306	47.097.792.300	3.474.938.910.563
99	47.097.792.300	3.079.908.146.606	47.097.792.300	3.522.036.702.863
100	47.097.792.300	3.127.005.938.906	47.097.792.300	3.569.134.495.163



**Center of Economic and Law Studies
(CELIOS)**

Jl. Banyumas, Menteng, Jakarta Pusat, Indonesia

E : admin@celios.co.id
W : celios.co.id