



Perbandingan Kinerja Interlocking Stone Sebagai Penahan Tanah Dengan Perlindungan Vegetasi dan Non-Vegetasi Terhadap Laju Erosi

Tri Prandono

Universitas Surakarta, Indonesia

Email: tri.prandono@gmail.com

Abstrak

Erosi merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang berdampak pada degradasi lahan, berkurangnya produktivitas tanah, serta kerusakan ekosistem perairan akibat sedimentasi. Upaya mitigasi erosi memerlukan teknologi yang efektif, salah satunya dengan penggunaan struktur penahan tanah seperti *Interlocking stones*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja *Interlocking stones* sebagai penahan tanah dengan kondisi perlindungan vegetasi dan non-vegetasi terhadap laju erosi. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimen lapangan pada lahan miring dengan variasi kemiringan dan jenis perlindungan vegetasi produktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Interlocking stones* dengan perlindungan vegetasi mampu menurunkan laju erosi secara signifikan dibandingkan kondisi tanpa vegetasi. Keberadaan vegetasi berkontribusi dalam meningkatkan stabilitas tanah, mengurangi aliran permukaan, dan memperkuat daya ikat tanah melalui perakaran. Kesimpulannya, kombinasi *Interlocking stones* dan vegetasi produktif lebih efektif dan berkelanjutan dalam upaya pencegahan erosi dibandingkan penggunaan *Interlocking stones* tanpa vegetasi. Perbandingan kedua perlakuan menunjukkan bahwa vegetasi mampu meningkatkan efektivitas *Interlocking stones* secara signifikan yaitu terlihat jumlah limpasan dan jumlah volume sedimen yang lebih kecil yaitu menghasilkan 5,85 Lt/m² limpasan dan 2,64 kg/m² sedimen. Pada struktur tanpa vegetasi memperlihatkan jumlah volume limpasan dan jumlah volume sedimen yang lebih besar yaitu volume limpasan 10,97 Lt/m² dan sedimen terangkut 4,75 kg/m² volume limpasan 10,97 Lt/m² dan sedimen terangkut 4,75 kg/m².

Kata kunci: *Interlocking stones*; penahan tanah; vegetasi; erosi

Abstract

Erosion is one of the major environmental issues causing land degradation, reduced soil productivity, and ecosystem damage due to sedimentation. Effective erosion mitigation requires appropriate technology, one of which is the application of retaining structures such as *Interlocking stones*. This study aims to compare the performance of *Interlocking stones* as a soil retaining structure with and without vegetation protection in reducing erosion rates. The research method employed a field experiment approach on sloping land with variations in slope gradient and types of productive vegetation cover. The results indicate that *Interlocking stones* combined with vegetation protection significantly reduces erosion rates compared to non-vegetated conditions. Vegetation contributes to soil stabilization by decreasing surface runoff and enhancing soil cohesion through root systems. In conclusion, the combination of *Interlocking stones* and productive vegetation is more effective and sustainable for erosion control compared to *Interlocking stones* without vegetation. Comparison of the two treatments shows that vegetation is able to significantly increase the effectiveness of *Interlocking stones*, namely the amount of runoff volume and the amount of sediment volume are smaller, namely producing 5.85 Lt/m² of runoff and 2.64 kg/m² of sediment. In the structure without vegetation shows a larger amount of runoff volume and the amount of sediment volume, namely the runoff volume of 10.97 Lt/m² and the sediment transported 4.75 kg/m² of runoff volume of 10.97 Lt/m² and the sediment transported 4.75 kg/m².

Keywords: *Interlocking stones*; retaining structure; vegetation; erosion

PENDAHULUAN

Erosi tanah merupakan salah satu bentuk degradasi lahan yang paling serius di dunia, khususnya di negara-negara tropis dengan curah hujan tinggi. Proses erosi yang terjadi secara terus-menerus dapat mengakibatkan hilangnya lapisan tanah atas yang subur sehingga menurunkan produktivitas lahan secara signifikan. Dampak lain dari erosi adalah meningkatnya sedimentasi di sungai, danau, dan waduk, yang dapat menurunkan kapasitas tampung air dan menimbulkan potensi banjir serta kerusakan ekosistem perairan. Kondisi ini

menjadikan erosi sebagai salah satu tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan (Lal, 2015). Di Indonesia, permasalahan erosi semakin kompleks karena kondisi alam yang sangat rentan. Tingginya curah hujan tahunan, topografi berbukit, serta praktik penggunaan lahan yang sering mengabaikan kaidah konservasi tanah menyebabkan laju erosi cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Data Badan Pusat Statistik (2020) menunjukkan bahwa sekitar 27% lahan di Indonesia berada pada kategori rentan erosi, terutama di wilayah dengan sistem pertanian lahan kering dan perkebunan pada daerah lereng. Apabila masalah ini tidak segera ditangani, maka akan terjadi degradasi lingkungan yang semakin parah, penurunan produktivitas pertanian, serta peningkatan risiko bencana hidrologi seperti banjir dan longsor. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai pendekatan konservasi tanah telah dikembangkan, baik secara mekanis maupun vegetatif.

Pendekatan mekanis dilakukan dengan membangun struktur fisik seperti terasering, dam pengendali, dan dinding penahan tanah untuk menurunkan kecepatan aliran permukaan. Sementara itu, pendekatan vegetatif dilakukan dengan menanam lahan menggunakan vegetasi penutup tanah yang dapat mengurangi daya pukul hujan (*rain splash*) serta meningkatkan stabilitas tanah melalui sistem perakaran (Maridi, 2015; Munggaran et al., 2019; Sallata, 2014; Siswanto et al., 2021; Suryani, 2019). Kedua pendekatan ini pada dasarnya saling melengkapi dan dapat menghasilkan efektivitas yang lebih tinggi apabila dikombinasikan secara terpadu. Salah satu teknologi mekanik yang banyak digunakan adalah *Interlocking stones*. Bahan ini berupa pecahan batu belah dengan ukuran yang bervariasi serta berbentuk cenderung panjang dan runcing yang memiliki sistem saling mengunci sehingga dapat saling mengikat satu sama lain, menjadikannya lebih kuat dalam menahan beban tanah dan tekanan lateral. *Paired Stoness* atau lebih dikenal sebagai *Interlocking stones* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan konstruksi beton konvensional, antara lain pemasangannya lebih mudah, sifatnya yang fleksibel sehingga mampu menyesuaikan dengan pergerakan tanah, serta memiliki permeabilitas yang lebih baik sehingga mampu mengurangi genangan air (Aghimien et al., 2016; Bakis, 2022; Bamikole & Olatunji, 2018; Tomić et al., 2024).

Hal ini membuat *Interlocking stones* mulai dipertimbangkan tidak hanya sebagai material perkerasan jalan, tetapi juga sebagai solusi dalam penguatan lereng dan penahan tanah di daerah rawan erosi. Permukaan *Interlocking stones* yang tidak ditunjang dengan vegetasi tetap berpotensi mengalami limpasan air yang cukup tinggi, sehingga sebagian partikel tanah di sela-sela batu dapat terangkut. Oleh karena itu, *Interlocking stones* perlu dipadukan dengan pendekatan vegetatif agar lebih efektif dalam mengurangi erosi. Vegetasi memiliki peran penting dalam memperkuat efektivitas struktur penahan tanah. Tajuk tanaman berfungsi sebagai pelindung permukaan tanah dari pukulan langsung butir hujan, sementara sistem perakaran tanaman mampu meningkatkan kohesi tanah sehingga tanah lebih stabil terhadap gaya erosi. Selain itu, vegetasi juga membantu meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah sehingga mengurangi volume limpasan permukaan. Dengan demikian, kombinasi *Interlocking stones* dan vegetasi dapat menciptakan sistem penahan tanah yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Hairiah dkk., 2019).

Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menekankan pada efektivitas *Interlocking stones* sebagai perkerasan jalan atau struktur penahan lereng, tanpa mempertimbangkan kontribusi vegetasi dalam memperkuat kinerjanya (Suryadi, 2019). Padahal, integrasi vegetasi sangat penting untuk menentukan strategi konservasi tanah yang lebih efisien dan

berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja *Interlocking stones* dengan dan tanpa vegetasi terhadap laju erosi, sehingga dapat memberikan kontribusi ilmiah sekaligus solusi praktis dalam upaya mitigasi erosi dan degradasi lahan di Indonesia.

Kajian mengenai konservasi tanah menunjukkan bahwa upaya pengendalian erosi dapat dilakukan melalui pendekatan mekanik dan vegetatif. Pendekatan mekanik mencakup pembangunan terasering, saluran pembuangan air, maupun dinding penahan tanah. Pendekatan vegetatif berfokus pada pemanfaatan tanaman untuk mengurangi intensitas pukulan hujan, meningkatkan infiltrasi, serta memperkuat struktur tanah melalui sistem perakaran. Penelitian Hairiah dkk. (2019) menyatakan bahwa vegetasi agroforestri tidak hanya berfungsi mengurangi erosi, tetapi juga meningkatkan keanekaragaman hayati dan memberikan hasil ekonomi berupa kayu, buah, atau hasil perkebunan. Salah satu inovasi dalam konservasi mekanis adalah penggunaan *Interlocking stones*. Nugraha (2018) menjelaskan bahwa *Interlocking stones* adalah batu pecah yang tajam dengan sistem kunci saling mengikat yang memberikan stabilitas lebih tinggi dibandingkan perkerasan konvensional. Sifat permeabelnya memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah sehingga mengurangi limpasan permukaan. Penelitian lain oleh Suryadi (2019) menambahkan bahwa *Interlocking stones* juga lebih fleksibel dibandingkan dinding beton kaku, karena mampu menyesuaikan dengan pergerakan tanah tanpa mudah mengalami kerusakan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas penggunaan *Interlocking stones* dalam pengendalian erosi. Misalnya, Pertiwi dkk. (2021) melaporkan bahwa penggunaan struktur mekanis *Interlocking stones* mampu mengurangi laju erosi hingga 40% dibandingkan kondisi tanah terbuka. Namun, hasil tersebut lebih optimal ketika dikombinasikan dengan vegetasi. Vegetasi tidak hanya menambah daya tahan tanah, tetapi juga meningkatkan kualitas lingkungan mikro seperti kelembaban tanah. Penggunaan vegetasi produktif dalam konservasi tanah telah banyak dikaji. Mulyoutami dkk. (2017) menekankan bahwa vegetasi produktif seperti bambu, kopi, dan kakao dapat berfungsi ganda, yaitu memperkuat tanah dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat. Dalam praktiknya, masyarakat lebih cenderung mempertahankan tanaman yang memberikan hasil ekonomi, sehingga keberlanjutan program konservasi lebih terjamin. Penelitian lain oleh Sutono dkk. (2015) juga menunjukkan bahwa sistem agroforestri dengan vegetasi produktif mampu menekan laju erosi hingga 60% dibandingkan sistem monokultur.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, terlihat bahwa kombinasi antara pendekatan mekanis dan vegetatif merupakan strategi yang lebih efektif dibandingkan pendekatan tunggal. Hal ini karena struktur mekanis mampu menahan gaya dorong tanah, sementara vegetasi mengurangi aliran permukaan dan memperkuat kohesi tanah. Namun, penelitian yang secara khusus membandingkan efektivitas *Interlocking stones* dengan kondisi vegetasi dan tanpa vegetasi masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, kajian ini penting untuk memberikan dasar ilmiah dalam penerapan strategi konservasi tanah yang berkelanjutan.

Erosi tanah memberikan dampak negatif yang luas, baik pada ekosistem darat maupun perairan. Hilangnya lapisan atas tanah menyebabkan berkurangnya kapasitas produksi pertanian, meningkatnya kebutuhan pupuk, serta penurunan pendapatan petani (Lal, 2015). Selain itu, material erosi yang terbawa ke sungai meningkatkan sedimentasi, mengurangi kapasitas tampung waduk, mempercepat pendangkalan saluran irigasi, dan meningkatkan risiko banjir. Oleh karena itu, erosi tanah tidak hanya menjadi masalah lokal, tetapi juga

tantangan global yang mengancam keberlanjutan lingkungan.

Konservasi tanah dan air merupakan upaya sistematis untuk menjaga produktivitas lahan dan ketersediaan sumber daya air. Menurut Arsyad (2010), konservasi tanah mencakup tindakan pencegahan degradasi tanah, perbaikan tanah rusak, serta peningkatan produktivitas lahan. Dalam praktiknya, konservasi tanah dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu mekanis dan vegetatif. Konservasi mekanis menggunakan struktur fisik seperti terasering, saluran pembuangan air, dan dinding penahan tanah, sedangkan konservasi vegetatif memanfaatkan tanaman untuk melindungi permukaan tanah dan meningkatkan infiltrasi. Konservasi air erat kaitannya dengan konservasi tanah, karena hilangnya lapisan tanah atas sering disertai menurunnya kemampuan tanah menyerap air. Penelitian Sutono dkk. (2015) menunjukkan bahwa lahan dengan tindakan konservasi yang baik mampu meningkatkan infiltrasi hingga dua kali lipat dibandingkan lahan terbuka. Dengan meningkatnya infiltrasi, air hujan lebih banyak diserap tanah untuk kebutuhan tanaman, mengurangi limpasan permukaan, serta menjaga ketersediaan air tanah pada musim kemarau.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan penelitian ini dirumuskan untuk mengkaji kinerja Interlocking stones sebagai penahan tanah tanpa perlindungan vegetasi dalam menekan laju erosi, pengaruh keberadaan vegetasi produktif terhadap efektivitas Interlocking stones, serta besarnya perbedaan laju erosi antara penggunaan Interlocking stones dengan dan tanpa vegetasi. Penelitian ini dibatasi pada lahan miring dengan sudut kemiringan 10–20% di sekitar Waduk Jatiluhur yang rentan erosi, dengan struktur penahan tanah hanya menggunakan Interlocking stones, dan vegetasi yang digunakan adalah vegetasi produktif berpertumbuhan cepat seperti tanaman sayur atau buah. Parameter utama yang diamati adalah laju erosi dan volume limpasan permukaan, tanpa menganalisis kualitas tanah dan unsur hara lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja Interlocking stones tanpa vegetasi dalam mengurangi laju erosi, mengevaluasi efektivitasnya dengan vegetasi produktif, membandingkan perbedaan tingkat erosi antara kedua kondisi tersebut, serta memberikan rekomendasi strategi konservasi tanah yang efektif, berkelanjutan, dan aplikatif melalui integrasi teknologi mekanis (Interlocking stones) dan vegetasi produktif. Manfaat penelitian ini mencakup aspek praktis berupa penyediaan solusi konservasi tanah yang ekonomis dan mudah diterapkan masyarakat, aspek ekologis melalui pengurangan sedimentasi di Waduk Jatiluhur dan pelestarian kesuburan tanah, aspek ekonomis dengan menciptakan sumber pendapatan tambahan dari vegetasi produktif, serta aspek ilmiah berupa pengayaan khazanah ilmu tanah dan konservasi lahan khususnya terkait integrasi metode mekanis dan vegetatif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan miring dengan kemiringan antara 15–30% yang memiliki potensi erosi cukup tinggi yang berlokasi di sungai hulu Bendungan Delingan. Pemilihan lokasi mempertimbangkan kondisi topografi, jenis tanah, dan curah hujan yang relatif seragam sehingga hasil penelitian dapat mencerminkan kondisi lapangan secara nyata. Lahan penelitian kemudian dibagi menjadi dua petak percobaan dengan ukuran yang sama. Petak pertama diberi perlakuan berupa pemasangan *Interlocking stones* yang dipadukan dengan vegetasi produktif berakar kuat seperti tanaman sayuran menjalar atau tanaman tahunan yang cepat dalam pertumbuhannya. Sementara itu, petak kedua hanya dipasang *Interlocking stones* tanpa perlindungan vegetasi. Dengan desain tersebut, penelitian ini memungkinkan

untuk melihat perbedaan pengaruh perlindungan vegetasi terhadap kinerja *Interlocking stones* dalam mengendalikan erosi.

Desain penelitian menggunakan pendekatan eksperimen lapangan yang memberikan perlakuan langsung pada variabel bebas yaitu *Interlocking stones* dengan dan tanpa vegetasi, sedangkan variabel terikatnya adalah laju erosi yang diukur pada masing-masing petak. Menurut Sugiyono (2016), eksperimen lapangan memungkinkan peneliti menemukan hubungan sebab-akibat dengan cara membandingkan hasil antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Oleh karena itu, rancangan penelitian ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian untuk membandingkan efektivitas dua kondisi yang berbeda. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar empiris dalam perencanaan strategi konservasi tanah yang lebih efektif dan aplikatif di lapangan.

Alat, Bahan, dan Teknik Pengumpulan Data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Interlocking stones* atau pecahan batu belah yang berbentuk memanjang dan meruncing, bak penampung erosi (*erosion plot*), meteran, laptop, timbangan digital, pompa air lengkap dengan alat pendukungnya dan peralatan laboratorium lain yang diperlukan. Bahan penelitian terdiri dari tanah pada lahan percobaan serta vegetasi produktif yang dipilih, misalnya tanaman sayuran menjalar atau tanaman tahunan lain yang memiliki sistem perakaran kuat untuk menahan partikel tanah. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup volume limpasan permukaan, jumlah sedimen yang terangkut, serta laju limpasan. Data-data tersebut diukur secara periodik setiap setengah jam sekali selama periode penelitian berlangsung.

Teknik pengumpulan data utama dilakukan dengan menggunakan metode *erosion plot*. Menurut Arsyad (2010), metode ini merupakan salah satu teknik standar dalam penelitian konservasi tanah karena mampu mengukur secara langsung jumlah tanah yang tererosi. Setiap limpasan dari petak percobaan dialirkan ke bak penampung, lalu volume air limpasan dan sedimen ditimbang serta dicatat. Dengan kombinasi teknik tersebut, data yang diperoleh diharapkan akurat dan dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

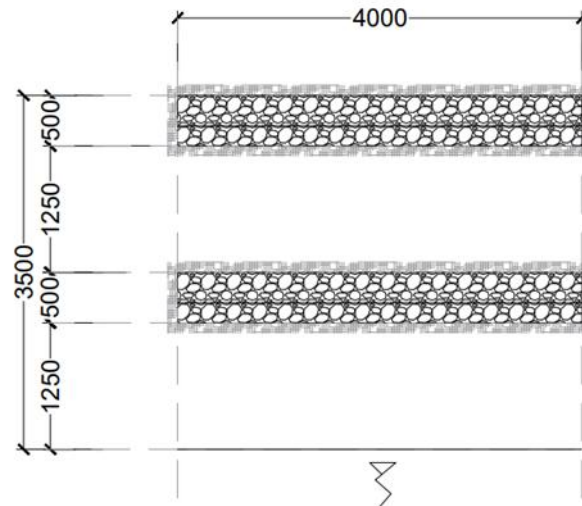
Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif untuk membandingkan hasil pengukuran laju erosi pada kedua perlakuan. Data utama berupa volume limpasan permukaan dan jumlah sedimen yang terangkut dianalisis menggunakan uji perbedaan rata-rata (*t-test*) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara petak dengan *Paired Stones / Interlocking stones* bervegetasi dan non-vegetasi. Menurut Santoso (2018), penggunaan uji statistik inferensial seperti *t-test* sangat efektif untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap variabel penelitian secara objektif. Dengan demikian, hasil analisis dapat memberikan informasi yang lebih meyakinkan mengenai efektivitas penggunaan kombinasi *Interlocking stones* dan vegetasi.

Analisis deskriptif bertujuan untuk menjelaskan pola hubungan antara faktor iklim mikro dengan tingkat erosi yang terjadi pada masing-masing perlakuan. Data pendukung ini penting karena erosi tanah tidak hanya dipengaruhi oleh struktur penahan tanah, tetapi juga oleh faktor lingkungan sekitar. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan secara komprehensif dengan mengacu pada teori konservasi tanah dan temuan penelitian terdahulu. Dengan cara ini, kesimpulan penelitian tidak hanya bersifat numerik tetapi juga memiliki dasar teoritis yang kuat dan aplikatif.

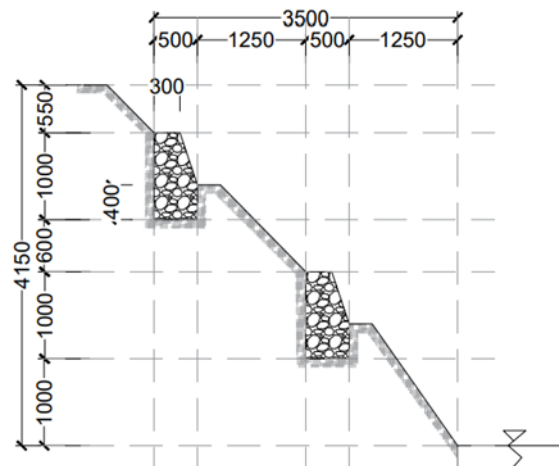
HASIL DAN PEMBAHASAN

Permodelan dari penelitian ini adalah dengan membuat sampel penahan tanah dengan bahan batu pecah interlocking atau biasa disebut interlocking Stones dengan dua buah sampel penahan tanah selebar 4 meter dan panjang 4 meter dengan dua buah penahan tanah pada beda ketinggian setinggi 4 meter juga. Ilustrasi dari permodelan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 1 Permodelan tampak depan

Sumber: Dokumentasi hasil pemodelan peneliti, 2024



Gambar 2 Permodelan tampak samping

Sumber: Dokumentasi hasil pemodelan peneliti, 2024

Gambar permodelan di atas kemudian di praktekkan di lapangan dengan hasil konstruksi *Interlocking stones* seperti terlihat pada gambar 3 berikut ini



Gambar 3. Hasil permodelan yang di praktekan di lapangan

Sumber: Dokumentasi pelaksanaan penelitian lapangan, 2024

Kinerja *Interlocking stones* tanpa Vegetasi

Interlocking stones tanpa vegetasi terbukti memiliki peran dalam mengurangi laju erosi pada lahan miring, meskipun efektivitasnya masih terbatas. Struktur mekanis ini bekerja dengan menahan massa tanah agar tidak mudah terangkut aliran permukaan. Prinsip kerjanya adalah menciptakan hambatan fisik yang dapat memperlambat laju limpasan sehingga energi aliran berkurang. Menurut Hardiyatmo (2012), pemasangan struktur penahan tanah seperti batu atau blok pracetak dapat menahan gaya geser tanah sehingga memperkecil potensi longsor maupun erosi permukaan. Namun demikian, tanpa dukungan vegetasi, sistem ini hanya mengandalkan kekuatan fisik batu dan kurang mampu mengatasi limpasan air pada intensitas hujan yang tinggi.

Hasil pengukuran besar volume limpasan dengan satuan lt/m^2 serta besar sedimen terangkut dengan satuan kg/m^2 selama 12 kali pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini

Tabel 1 Jumlah Debit Dan Partikel Terlarut Pada Tanah Sampel Tanpa Vegetasi

No	Waktu	Vol. Limpasan (Lt/m^2)	Partikel terlarut (Kg/m^2)
1	08.00 sd 08.30	9,50	5,90
2	08.30 sd 09.00	9,80	5,60
3	09.00 sd 10.30	10,10	5,30
4	10.30 sd 11.00	10,30	5,10
5	11.00 sd 11.30	10,50	4,90
6	11.30 sd 12.00	10,80	4,80
7	01.00 sd 08.30	10,90	4,60
8	01.30 sd 02.00	11,30	4,50
9	02.00 sd 02.30	11,60	4,30
10	02.30 sd 03.00	11,90	4,10
11	03.00 sd 03.30	12,30	4,00
12	03.30 sd 04.00	12,60	3,90
	Rata-rata	10,97	4,75

Sumber: Perhitungan lapangan.

Data penelitian memperlihatkan bahwa volume limpasan dari petak non-vegetasi mencapai $10,97 \text{ L/m}^2$, sedangkan jumlah sedimen yang terangkut mencapai $4,75 \text{ kg/m}^2$. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun *Interlocking stones* dapat memperlambat aliran, air tetap

membawa partikel halus tanah yang tidak tertahan pada celah antar batu. Kondisi ini menandakan bahwa fungsi mekanis *Interlocking stones* saja belum cukup untuk memberikan perlindungan optimal terhadap partikel tanah yang rentan tererosi. Hal ini sejalan dengan temuan Arsyad (2010), yang menegaskan bahwa metode konservasi mekanis tanpa dukungan biologis sering kali kurang efektif pada jangka panjang. Selain itu, kelemahan *Interlocking stones* non-vegetasi terlihat ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Aliran permukaan yang deras mampu menembus celah dan retakan di antara batu, sehingga tanah bagian atas yang longgar lebih mudah terbawa. Jika kondisi ini berlangsung terus-menerus, maka efektivitas *Interlocking stones* akan berkurang seiring waktu. Oleh sebab itu, penggunaan *Interlocking stones* tanpa vegetasi dapat dianggap sebagai solusi jangka pendek atau pelengkap sementara, bukan sebagai solusi tunggal dalam konservasi tanah.

Kinerja *Interlocking stones* dengan Vegetasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Interlocking stones* yang dikombinasikan dengan vegetasi memberikan hasil yang jauh lebih efektif dibandingkan tanpa vegetasi. Vegetasi berfungsi ganda: sebagai penutup permukaan tanah dan sebagai penguat struktur tanah melalui sistem perakarannya. Daun dan tajuk vegetasi mampu mengurangi daya pukul butir hujan (*rain splash*), sehingga menekan disintegrasi agregat tanah. Di sisi lain, akar tanaman bekerja sebagai pengikat alami yang meningkatkan kohesi tanah serta membantu infiltrasi air. Menurut Morgan (2005), perakaran vegetasi dapat meningkatkan stabilitas tanah sekaligus menurunkan risiko erosi permukaan dan longsoran kecil.

Hasil pengukuran besar volume limpasan dengan satuan lt/m² serta besar sedimen terangkut dengan satuan kg/m² selama 12 kali pengukuran dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini

Tabel 2 Jumlah Debit Dan Partikel Terlarut Pada Tanah Sampel Dengan Vegetasi			
No	Waktu	Vol. Limpasan (Lt/m²)	Partikel terlarut (Kg/m²)
1	08.00 sd 08.30	4,40	3,50
2	08.30 sd 09.00	4,60	3,40
3	09.00 sd 10.30	4,90	3,20
4	10.30 sd 11.00	5,20	3,00
5	11.00 sd 11.30	5,50	2,80
6	11.30 sd 12.00	5,80	2,60
7	01.00 sd 08.30	6,10	2,50
8	01.30 sd 02.00	6,60	2,40
9	02.00 sd 02.30	6,90	2,30
10	02.30 sd 03.00	6,20	2,10
11	03.00 sd 03.30	6,80	2,00
12	03.30 sd 04.00	6,90	1,90
Rata-rata		5.85	2.64

Sumber : Perhitungan lapangan

Pengukuran lapangan memperlihatkan bahwa petak dengan *Interlocking stones* bervegetasi memiliki volume limpasan yang lebih rendah, yaitu 5,83 Lt/m², serta jumlah sedimen hanya 2,64 kg/m². Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa vegetasi mampu meningkatkan efektivitas struktur mekanis yang sudah ada. Hal ini tidak hanya mengurangi jumlah air yang mengalir di permukaan, tetapi juga menekan jumlah tanah yang ikut terangkut. Dengan demikian, *Interlocking stones* bervegetasi dapat dikategorikan sebagai strategi konservasi tanah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Selain aspek teknis, vegetasi produktif yang digunakan juga memberikan nilai tambah secara ekonomi. Tanaman seperti Labu, mentimun atau tanaman sayur lain tidak hanya memperkuat struktur tanah, tetapi juga dapat menghasilkan produk bernilai ekonomi bagi

masyarakat sekitar. Menurut Puslitbangtan (2019), konsep konservasi tanah berbasis vegetasi produktif merupakan pendekatan ganda yang menggabungkan manfaat ekologi dan ekonomi. Hal ini menjadikan strategi konservasi lebih menarik bagi masyarakat karena memberikan insentif nyata, bukan hanya manfaat ekologis.

Perbandingan Efektivitas Kedua Perlakuan

Jika dibandingkan antara kedua perlakuan, terlihat bahwa *Interlocking stones* dengan vegetasi memiliki keunggulan yang signifikan dibandingkan tanpa vegetasi. Dari data yang diperoleh, jumlah sedimen pada petak non-vegetasi hampir dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan petak bervegetasi, perbedaan ini dapat dilihat dari perhitungan berikut ini,

$$\begin{aligned} \text{Nilai besar volume limpasan} &: \frac{\text{Besar limpasan interlocking tanpa vegetasi}}{\text{Besar limpasan interlocking dengan vegetasi}} \\ &: \frac{10,97}{5,85} \\ &: 1,87 \text{ kali} \\ \text{Nilai besar volume Sedimen} &: \frac{\text{Besar sedimen interlocking tanpa vegetasi}}{\text{Besar sedimen interlocking dengan vegetasi}} \\ &: \frac{4,75}{2,64} \\ &: 1,79 \text{ kali} \end{aligned}$$

Perbedaan ini menunjukkan bahwa vegetasi berperan penting dalam memperkuat fungsi *Interlocking stones*. Arsyad (2010) menegaskan bahwa penerapan metode konservasi mekanis dan vegetatif secara terpadu memberikan hasil yang lebih efektif dibandingkan metode tunggal. Temuan penelitian ini menguatkan teori tersebut dengan data empiris. Secara mekanisme, kombinasi *Interlocking stones* dan vegetasi bekerja dengan cara saling melengkapi. *Interlocking stones* menahan tanah dari sisi struktural, sementara vegetasi menutup permukaan tanah dan mengikat agregat tanah melalui akar. Kombinasi ini juga membantu meningkatkan infiltrasi air sehingga limpasan permukaan berkurang. Hal ini sejalan dengan pendapat Sutanto (2015) yang menyatakan bahwa konservasi tanah yang efektif harus mencakup aspek mekanis, biologis, dan vegetatif secara terpadu.

Manfaat tambahan dari penggunaan vegetasi adalah terjaganya kesuburan tanah dalam jangka panjang. Vegetasi mampu menambah bahan organik melalui guguran daun, yang kemudian memperbaiki struktur tanah. Dengan demikian, lahan tidak hanya terlindungi dari erosi, tetapi juga memiliki produktivitas yang lebih baik untuk mendukung aktivitas pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, *Interlocking stones* bervegetasi tidak hanya efektif dalam menekan erosi, tetapi juga memberikan manfaat ekologis dan agronomis yang lebih luas.

A. Data Hasil Penelitian

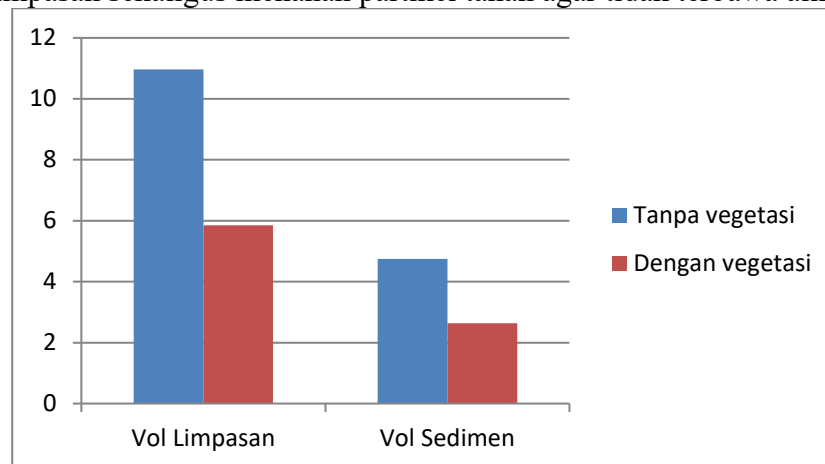
Tabel 3. Perbandingan Volume Limpasan dan Sedimen Terangkut

Perlakuan	Volume Limpasan (Lt/m ²)	Sedimen Terangkut (kg/m ²)
<i>Interlocking stones</i> Non-Vegetasi	10,97	4,75
<i>Interlocking stones</i> + Vegetasi	5,85	2,64

Sumber: Data diolah dari hasil pengukuran lapangan dan analisis laboratorium, 2024

Tabel tersebut menunjukkan bahwa *Interlocking stones* tanpa vegetasi menghasilkan

volume limpasan **10,97 Lt/m²** dan sedimen terangkut **4,75 kg/m²**, sedangkan *Interlocking stones* dengan vegetasi hanya menghasilkan **5,85 Lt/m²** limpasan dan **2,64 kg/m²** sedimen. Data ini memperlihatkan perbedaan signifikan, di mana vegetasi berperan penting dalam mengurangi limpasan sekaligus menahan partikel tanah agar tidak terbawa aliran permukaan.



Grafik 1. Grafik Perbandingan Hasil Penelitian

Sumber: Data diolah dari hasil pengukuran Tabel 1, 2, dan 3, 2024

Grafik batang memperjelas hasil tabel dengan visualisasi perbandingan. Terlihat jelas bahwa perlakuan *Interlocking stones* bervegetasi menghasilkan nilai yang lebih rendah baik pada volume limpasan maupun jumlah sedimen dibandingkan perlakuan non-vegetasi. Hal ini menegaskan bahwa kombinasi struktur mekanis dan vegetatif memberikan efektivitas lebih tinggi dalam menekan laju erosi dibandingkan penggunaan *Interlocking stones* saja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Interlocking stones* terbukti efektif dalam menekan laju erosi pada lahan miring dengan kemiringan 10-20% di sekitar Waduk Jatihur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur *Interlocking stones* tanpa vegetasi mampu mengurangi laju erosi secara signifikan dibandingkan kondisi tanpa perlakuan. Namun, efektivitasnya meningkat secara nyata ketika dikombinasikan dengan vegetasi produktif, dimana kombinasi ini tidak hanya berfungsi sebagai penahan tanah secara mekanis tetapi juga memperkuat struktur tanah melalui sistem perakaran vegetasi. Perbandingan antara penggunaan *Interlocking stones* dengan vegetasi dan tanpa vegetasi menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal volume limpasan permukaan dan sedimentasi.

Penelitian ini juga membuktikan bahwa integrasi antara teknologi mekanis (*Interlocking stones*) dan vegetasi produktif merupakan strategi konservasi tanah yang efektif, berkelanjutan, dan aplikatif. Pendekatan ini tidak hanya memberikan manfaat ekologis berupa pengendalian erosi dan pengurangan sedimentasi di Waduk Jatiluhur, tetapi juga memberikan nilai ekonomis melalui hasil panen vegetasi produktif. Dengan demikian, implementasi metode konservasi tanah terpadu ini direkomendasikan untuk diaplikasikan secara luas pada lahan-lahan miring yang rentan erosi, khususnya di daerah sekitar waduk dan daerah dengan karakteristik topografi serupa..

DAFTAR PUSTAKA

- Aghimien, E. I., Aghimien, D. O., & Awodele, I. A. (2016). Assessment of the use of solid concrete and interlocking stones in the construction of walkways in a tertiary institution. *Civil and Environmental Research*, 8(9).
- Bakis, A. (2022). Interlocking paving stones made of limestone sand and volcanic ash aggregates. *Road Materials and Pavement Design*, 23(7). <https://doi.org/10.1080/14680629.2021.1899961>
- Bamikole, B. A., & Olatunji, O. M. (2018). The compressive strength of segmental interlocking stones used as pavement materials. *International Journal of Civil Engineering and Construction Science*, 5(1).
- Maridi. (2015). Mengangkat budaya dan kearifan lokal dalam sistem konservasi tanah dan air [Using culture and local wisdom in soil and water conservation]. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi UNS*, 1.
- Munggaran, G., Hidayat, Y., Tarigan, S. D., & Baskoro, D. P. T. (2019). Analisis respon hidrologi dan simulasi teknik konservasi tanah dan air Sub DAS Cimanuk Hulu. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 19(1), 26–32. <https://doi.org/10.29244/jitl.19.1.26-32>
- Sallata, M. K. (2014). Paradigma konservasi tanah dan air: Hubungannya dengan kerusakan lingkungan. *Info Teknis Eboni*, 11(2).
- Siswanto, S. Y., Sule, M. I. S., Bari, I. N., & Hakim, D. L. (2021). Peningkatan pemahaman petani tentang konservasi tanah dan air di Bayongbong, Garut. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2). <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v5i2.2605>
- Suryani, A. S. (2019). Permasalahan dan tantangan konservasi tanah dan air. *Info Singkat*, 11(6).
- Tomić, I., Penna, A., DeJong, M., Butenweg, C., Correia, A. A., Candeias, P. X., Senaldi, I., Guerrini, G., Malomo, D., & Beyer, K. (2024). Shake table testing of a half-scale stone masonry building aggregate. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 22(12). <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01810-y>
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi tanah dan air*. Bogor: IPB Press.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistik lingkungan hidup Indonesia 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Hairiah, K., Sitompul, S. M., Van Noordwijk, M., & Palm, C. (2019). *Agroforestri untuk konservasi tanah dan air*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Teknik fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Mulyoutami, E., Van Noordwijk, M., Agus, F., & Hairiah, K. (2017). Agroforestry practices for sustainable land management in Indonesia. *Agroforestry Systems*, 91(5), 931–947.
- Nugraha, P. (2018). Inovasi interlocking concrete block untuk konservasi tanah. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 25(2), 101–110.
- Pertiwi, R., Santoso, H., & Yuliani, D. (2021). Efektivitas interlocking stones dalam menekan laju erosi pada lahan miring. *Jurnal Konservasi Lahan*, 9(3), 215–224.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. (2019). *Panduan konservasi tanah berbasis vegetasi produktif*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Santoso, S. (2018). *Statistik parametrik: Konsep dan aplikasi dengan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suryadi, A. (2019). Pemanfaatan interlocking stones dalam pengendalian erosi dan stabilisasi lereng. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan*, 5(1), 45–52.

- Sutanto, R. (2015). *Penerapan pertanian organik: Pemasyarakatan dan pengembangannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutono, S., Prasetyo, T., & Widiyanto, W. (2015). Efektivitas sistem agroforestri dalam mengurangi erosi dan meningkatkan infiltrasi. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(1), 39–48.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License