

Kajian Lingkungan terhadap Kerusakan Tanah Akibat Limbah Semen dari Perbedaan Sistem Pengadukan

Environmental Study of Soil Damage Caused by Cement Waste from Different Mixing Systems

Mustofa^{a*}, John Bimasri^b, Wartono^b

a Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Musi Rawas, Indonesia

b Program Pascasarjana Universitas Musi Rawas, Indonesia

* tofalilis31@gmail.com (Primary Contact)

ABSTRACT

The rapid expansion of infrastructure development has increased concrete consumption, resulting in cement mortar waste that may contaminate soil and degrade its physical properties. This study analyzed the effects of cement waste from different concrete mixing systems on soil physical characteristics and identified the most environmentally sustainable mixing method. An experimental comparative study was conducted in F Trikoyo Village, Musi Rawas Regency, Indonesia, from May to June 2026. Four mixing systems were evaluated: direct mixing on the ground, mixing on a wooden platform, using a mini concrete mixer, and using a large concrete mixer. Soil bulk density, porosity, infiltration, permeability, and aggregate stability were analyzed through field observations and laboratory testing. Direct ground mixing generated the highest cement waste (9.55%), increasing bulk density by 33.90% while reducing porosity, infiltration, permeability, and aggregate stability by 26.63%, 62.93%, 77.90%, and 37.85%, respectively. In contrast, the large concrete mixer produced the least waste (1.18%) and caused minimal soil degradation. Therefore, large concrete mixers are recommended to reduce soil contamination and support sustainable construction practices.

Keywords

Damage;
Environment;
Pollution; Mixing;
Cement

Article History

Received: 2026-07-28

Accepted: 2026-07-31

Copyright © 2026, Mustofa et al.
Published by MAN 4 Kota Pekanbaru
DOI: [10.56113/takuana.v5i2.680](https://doi.org/10.56113/takuana.v5i2.680)

1. PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia yang mengakibatkan kebutuhan beton semakin meningkat. Saat penyiapan adukan beton, sebagian adukan semen akan tercecer ke permukaan tanah, walaupun cara pengadukan yang berbeda, baik secara manual di atas tanah, menggunakan bak papan, mini molen, maupun molen berkapasitas besar. Limbah adukan semen mengandung semen yang masih aktif bereaksi dengan air yang berpotensi meningkatkan pH tanah, mengubah struktur tanah, serta memengaruhi

kualitas lingkungan di sekitar lokasi konstruksi (Wu., 2022). Hingga saat ini, sebagian besar penelitian lebih banyak membahas pemanfaatan limbah semen sebagai bahan konstruksi alternatif, sedangkan kajian mengenai dampaknya terhadap kualitas tanah masih relatif terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaruh limbah mortar terhadap pencemaran dan degradasi tanah masih memerlukan penelitian yang lebih komprehensif (Li et al., 2022).

Perubahan sifat fisik tanah akibat limbah semen tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah material yang terbuang, tetapi juga oleh metode pencampuran beton yang diterapkan di lapangan. Sistem pengadukan yang dilakukan langsung di atas permukaan tanah cenderung menghasilkan limbah lebih banyak dibandingkan penggunaan bak papan maupun alat pencampur mekanis, seperti mini molen atau molen berkapasitas besar (Pakkiyachandran & Sathiparan, 2025). Perbedaan volume limbah yang dihasilkan berpotensi menyebabkan tingkat perubahan sifat fisik tanah yang berbeda, antara lain terhadap bobot isi, porositas, laju infiltrasi, serta peningkatan alkalinitas tanah (Astuti, 2024). Oleh karena itu, pemilihan metode pengadukan beton perlu menjadi perhatian dalam upaya meminimalkan dampak negatif kegiatan konstruksi terhadap kualitas tanah dan lingkungan.

Dari perspektif lingkungan, limbah semen berpotensi menimbulkan pencemaran karena mengandung kalsium hidroksida dan berbagai senyawa mineral yang dapat menghasilkan lindi (*leachate*) dengan tingkat pH yang tinggi. Kondisi tersebut dapat mengubah sifat kimia tanah, menurunkan kualitas badan air di sekitarnya, serta mengganggu keseimbangan ekosistem apabila tidak dikelola dengan baik. Residu semen yang terbawa ke lingkungan perairan juga berpotensi memberikan dampak negatif terhadap organisme akuatik dan menurunkan kualitas habitat perairan (Accardo et al., 2023). Oleh karena itu, limbah konstruksi, khususnya yang berasal dari aktivitas pencampuran dan penggunaan semen, perlu mendapat perhatian dalam pengelolaan lingkungan karena menjadi salah satu penyebab degradasi ekosistem di kawasan perkotaan. Sugiharto et al. (2025) menyatakan bahwa evaluasi dampak lingkungan akibat limbah semen merupakan langkah penting dalam mendukung penerapan praktik konstruksi yang berkelanjutan serta meminimalkan risiko pencemaran terhadap tanah dan sumber daya air.

Pemanfaatan kembali limbah semen sebagai bahan pengganti agregat, bahan tambahan dalam campuran beton, maupun material untuk stabilisasi tanah. Pendekatan tersebut dinilai mampu meningkatkan nilai guna limbah sekaligus mengurangi kebutuhan bahan baku alami sehingga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan (Ujile & Abbey, 2022). Namun, sebagian besar penelitian masih menitikberatkan pada pemanfaatan limbah yang telah dikumpulkan, sementara dampak limbah semen segar yang tercecce secara langsung selama proses pencampuran beton di lokasi konstruksi masih jarang dikaji. Padahal, perbedaan sistem penyiapan atau pengadukan beton berpotensi menghasilkan jumlah limbah yang berbeda sehingga dapat memengaruhi tingkat kerusakan sifat tanah di sekitarnya. Kesenjangan penelitian tersebut menunjukkan perlunya kajian yang mengkaji secara langsung pengaruh limbah semen segar terhadap karakteristik tanah pada berbagai sistem pengadukan beton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis dampak lingkungan berupa perubahan karakteristik dan tingkat kerusakan tanah akibat limbah semen yang dihasilkan dari perbedaan sistem penyiapan atau pengadukan beton.

2. METODE

Penelitian dilakukan di di Desa F Trikoyo Kecamatan Tugumulyo Kabupaten Musi Rawas pada bulan Mei sampai bulan Juni 2026. Penelitian dilakukan secara Eksperimen dengan menggunakan metode komparatif, untuk membandingkan dampak pencemaran tanah akibat limbah semen pada saat penyiapan adonan semen untuk pembangunan gedung. Teknis penyiapan adonan campuran semen terdiri dari 4 jenis, yaitu: penyiapan adukan semen di permukaan tanah, penyiapan adukan semen di kotak papan, penyiapan adukan semen dengan mesin molen, dan penyiapan adukan menggunakan molen besar. Data dikumpulkan dengan cara observasi dan analisis laboratorium. Jenis data yang dikumpulkan terdiri dari bobot isi tanah, porositas, infiltrasi, permeabelitas tanah, stabilitas agregat tanah. Data yang diperoleh dianalisis secara matematis, lalu dibandingkan antara perlakuan metode penyiapan adukan semen, lalu dijelaskan secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Penyiapan adukan semen dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti pengadukan langsung di atas permukaan tanah, menggunakan bak papan, *mini molen*, maupun molen berkapasitas besar. Pemilihan metode pengadukan umumnya disesuaikan dengan skala dan kebutuhan pekerjaan konstruksi. Perbedaan sistem penyiapan tersebut berpengaruh terhadap jumlah adukan semen yang tersisa atau tercecer di sekitar lokasi pencampuran, sehingga berpotensi memberikan dampak yang berbeda terhadap kondisi tanah. Penelitian ini dilaksanakan pada kawasan pembangunan gedung yang memiliki jenis tanah Ultisol untuk menganalisis pengaruh berbagai sistem penyiapan adukan semen terhadap karakteristik tanah. Gambaran umum kondisi lokasi penelitian beserta karakteristik lahannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Sifat Fisik Tanah Sebelum Tercemar Limbah Adukan Semen

No	Sifat Tanah	Satuan	Nilai
1	Bobot Isi Tanah	%	1,18
2	Porositas	%	51,25
3	Infiltrasi	cm/jam	7,50
4	Permeabelitas	cm/jam	6,20
5	Stabilitas Agegat	%	64,15

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa secara fisik tanah lokasi penelitian memiliki bobot isi sebesar 1,18%, dengan porositas tanahnya sebesar 51,25%. Laju infiltrasi tanah sebesar 7,59 cm/jam, dengan permeabilitas sebesar 6,20 cm/jam, dan stabilitas agregatnya sebesar 64,15%. Penyiapan adukan semen dalam pembangunan gedung dengan menggunakan sistem yang berbeda, menyebabkan adanya limbah adukan semen yang tercecer dan tertinggal dan berakibat pencemaran terhadap tanah. Jumlah limbah adukan semen yang tercecer pada saat pengadukan semen disajikan pada Tabel 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah limbah adukan semen yang tercecer berbeda pada setiap sistem pengadukan. Pengadukan yang dilakukan langsung di atas permukaan tanah menghasilkan limbah paling tinggi, yaitu sebesar 9,55% dari total adukan. Penggunaan bak papan mampu menurunkan jumlah limbah menjadi 5,73%, sedangkan sistem pengadukan menggunakan *mini molen* hanya menghasilkan limbah sebesar 3,15%.

Jumlah limbah terendah diperoleh pada penggunaan molen berkapasitas besar, yaitu sebesar 1,18%. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin baik sistem dan peralatan yang digunakan dalam proses pengadukan, semakin kecil jumlah adukan semen yang tercecer ke lingkungan, sehingga potensi pencemaran tanah di sekitar lokasi konstruksi juga dapat diminimalkan.

Tabel 2. Jumlah Limbah yang Tercecer dari Sistem Penyiapan Adukan Semen

No.	Teknis Pengadukan	Jumlah Limbah yang Tercecer (%)
1	Permukaan Tanah	9,55
2	Bak Papan	5,73
3	Mini Molen	3,15
4	Molen Besar	1,18

Limbah adukan semen yang tercecer selama proses penyiapan beton memberikan pengaruh terhadap perubahan sifat fisik tanah pada area yang tercemar. Besarnya perubahan yang terjadi dipengaruhi oleh jumlah limbah yang masuk ke dalam tanah sehingga setiap sistem pengadukan menunjukkan tingkat dampak yang berbeda. Perubahan tersebut dapat diamati pada beberapa parameter sifat fisik tanah yang dianalisis dalam penelitian ini. Hasil pengukuran terhadap perubahan sifat fisik tanah akibat pencemaran limbah adukan semen pada masing-masing sistem penyiapan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Sifat Fisik Tanah Akibat Limbah Semen

No	Teknis Pengadukan	Bobot Isi (g/cm ³)	Porositas (%)	Infiltrasi (cm/jam)	Permeabilitas (cm/jam)	Stabilitas agregat (%)
1	Permukaan Tanah	1,58	37,60	2,78	1,37	39,85
2	Bak Papan	1,46	43,80	4,32	2,69	46,80
3	Mini Molen	1,39	47,10	6,98	4,43	53,35
4	Molen Besar	1,27	50,16	7,29	5,06	59,85

Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 3, diketahui bahwa semua sistem pengadukan semen yang bertujuan untuk menyiapkan adukan semen dalam pembangunan gedung menyebabkan perubahan sifat fisik tanah. Perubahan sifat fisik tanah yang terbesar terjadi akibat dari sistem penyiapan adukan semen yang dilakukan di atas permukaan tanah secara langsung. Sedangkan tingkat perubahan sifat fisik tanah yang terendah terjadi pada sistem pengadukan semen dengan menggunakan molen besar. Perubahan yang terjadi pada beberapa sifat fisik tanah akibat pencemaran limbah adukan semen bervariasi. Akibat pencemaran limbah adukan semen pada tanah ada yang menyebabkan peningkatan nilai sifat fisik tanah, tetapi ada yang menurunkan sifat fisik tanah. Adanya peningkatan maupun penurunan sifat fisik tanah semuanya menyebabkan kualitas sifat fisik tanah menjadi lebih buruk. Perubahan sifat-sifat fisik tanah akibat tercemar limbah adukan semen disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, sistem pengadukan semen memberikan tingkat perubahan yang berbeda terhadap sifat fisik tanah. Pengadukan yang dilakukan langsung di atas permukaan tanah menyebabkan perubahan paling besar pada seluruh parameter yang diamati. Bobot isi tanah meningkat sebesar 33,90%, sedangkan porositas, infiltrasi, permeabilitas, dan stabilitas agregat masing-masing mengalami penurunan sebesar 26,63%, 62,93%, 77,90%, dan 37,85%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin banyak

limbah adukan semen yang tercecer ke permukaan tanah, semakin besar pula tingkat kerusakan sifat fisik tanah yang terjadi. Sebaliknya, penggunaan molen berkapasitas besar menghasilkan perubahan paling rendah, dengan peningkatan bobot isi hanya sebesar 7,63%, sedangkan porositas, infiltrasi, permeabilitas, dan stabilitas agregat mengalami penurunan masing-masing sebesar 2,13%, 2,80%, 13,39%, dan 6,73%.

Tabel 4. Perubahan Sifat Fisik Tanah Akibat Limbah dari Sistem Pengadukan Semen (%)

No	Sifat Fisik Tanah	Pengadukan			
		Permukaan tanah	Bak papan	Mini molen	Molen besar
1	Bobot Isi	+ 33,90	+ 23,73	+ 17,80	+ 7,63
2	Porositas	- 26,63	- 14,54	- 8,10	- 2,13
3	Infiltrasi	- 62,93	- 42,40	- 6,93	- 2,80
4	Permeabilitas	- 77,90	- 56,61	- 28,55	- 13,39
5	Stabilitas Agregat	- 37,85	- 27,06	- 16,84	- 6,73

Keterangan: + = terjadi peningkatan - = terjadi penurunan

3.2. Pembahasan

Tanah Ultisol yang merupakan lokasi penelitian yang memiliki tingkat kepadatan yang sedang (Tabel 1), sehingga pergerakan air di dalam profil tanah dapat berlangsung dengan baik. Tingkat kepadatan yang didukung oleh nilai porositas yang besar mengakibatkan ruang pori tanah masih mampu menampung udara dan air dalam jumlah memadai. Struktur tanah Ultisol di lokasi penelitian berada pada kondisi yang cukup baik dan belum mengalami pemadatan yang dapat menghambat fungsi hidrologis tanah. Menurut Rahmadani *et al.*, (2025) bobot isi, porositas, dan permeabilitas merupakan indikator utama kualitas fisik Ultisol. Sedangkan Ririn *et al.*, (2025) melaporkan bahwa Ultisol dengan struktur tanah yang baik memiliki porositas yang tinggi dan bobot isi yang relatif rendah sehingga mampu menyimpan air.

Tanah di lokasi penelitian memiliki kemampuan dalam meloloskan air tergolong sedang hingga baik serta agregat yang stabil terhadap pengaruh air. Stabilitas agregat yang mencapai lebih dari 60% menunjukkan bahwa ikatan antar partikel tanah cukup kuat sehingga tahan terhadap dispersi, pemadatan, dan erosi permukaan. Menurut Endriani *et al.*, (2025) bahwa peningkatan stabilitas agregat memperbaiki porositas, infiltrasi, dan permeabilitas, serta mengurangi risiko degradasi struktur tanah. Stabilitas agregat memiliki hubungan yang erat dengan perubahan bobot isi dan distribusi pori tanah sehingga menjadi indikator penting dalam menilai kualitas fisik tanah ultisol (Putinella dan Latupapua, 2022).

Jumlah limbah adukan semen yang tercecer ditentukan oleh teknik pengadukan. Pengadukan di permukaan tanah persentase limbah tercecer tertinggi, diikuti penggunaan bak papan, mini molen, dan molen besar (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik sistem pengendalian dan penampungan material selama pengadukan, semakin kecil kehilangan material. Pengadukan di permukaan tanah menyebabkan banyak adukan yang tertinggal di permukaan lahan, dan tercecer sehingga meningkatkan kehilangan material dan menyebabkan pencemaran tanah. Penggunaan molen besar mampu meminimalkan kontak langsung antara adukan semen dengan permukaan tanah sehingga efisiensi penggunaan material lebih tinggi. Menurut Freitas dan Dalmas (2021) bahwa kehilangan adukan semen selama proses konstruksi dipengaruhi oleh metode pelaksanaan pekerjaan

dan pengendalian material di lapangan. Selanjutnya dijelaskan oleh Arsyad *et al.*, (2024) bahwa rendahnya keterampilan pekerja serta metode penanganan material yang kurang tepat merupakan faktor utama penyebab meningkatnya limbah konstruksi di lokasi bangunan.

Perbedaan jumlah limbah yang tercecer pada setiap teknik pengadukan juga menunjukkan implikasi penting terhadap aspek lingkungan dan efisiensi konstruksi. Semakin besar persentase limbah adukan semen yang tercecer, semakin tinggi pula potensi terjadinya perubahan sifat fisik dan kimia tanah akibat akumulasi material semen. Penggunaan mini molen maupun molen besar tidak hanya mampu mengurangi kehilangan material, tetapi juga menekan risiko pencemaran tanah, limpasan air semen. Menurut Karunasena *et al.*, (2022) bahwa pencampuran material, pencucian peralatan, dan tumpahan semen merupakan sumber utama limbah pada proyek konstruksi. Dijelaskan pula oleh Lee *et al.*, (2024) bahwa pengurangan limbah konstruksi sejak tahap penyiapan adukan merupakan strategi paling efektif untuk meningkatkan keberlanjutan proyek sekaligus menurunkan dampak terhadap kerusakan tanah.

Semakin besar jumlah limbah adukan semen yang mencemari tanah, semakin nyata penurunan kualitas sifat fisik tanah (Tabel 3). Pengadukan yang dilakukan di permukaan tanah yang menghasilkan perubahan sifat fisik yang terbesar pada tanah dibandingkan teknik pengadukan lainnya. Penggunaan molen besar yang menghasilkan limbah tercecer paling sedikit, menunjukkan kondisi fisik tanah yang jauh lebih baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa akumulasi limbah semen menyebabkan partikel semen mengisi ruang pori tanah dan membentuk lapisan yang mengikat partikel tanah. Menyebabkan volume pori makro berkurang sehingga tanah menjadi lebih padat, laju masuknya air menurun, serta kemampuan tanah meloloskan air dan mempertahankan struktur agregat mengalami penurunan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Endriani *et al.*, (2025) yang menjelaskan bahwa perubahan struktur tanah akibat masuknya mineral semen meningkatkan bobot isi serta menurunkan porositas, infiltrasi, dan permeabilitas Ultisol. Dijelaskan juga oleh Rahmadani *et al.*, (2025) bahwa kualitas fisik tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur tanah, peningkatan kepadatan tanah akan diikuti oleh penurunan ruang pori dan kemampuan infiltrasi air.

Pencemaran tanah karena limbah adukan semen menyebabkan tanah menjadi lebih rentan mengalami pengerasan permukaan, berkurangnya aerasi, meningkatnya limpasan permukaan. Penggunaan mini molen dan terutama molen besar mampu mempertahankan sifat fisik tanah lebih mendekati kondisi awal karena jumlah limbah mortar yang masuk ke tanah relatif kecil. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Wang *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa limbah semen menyebabkan degradasi tanah seperti perubahan struktur tanah dan penurunan fungsi hidrologi. Dijelaskan pula oleh Ajayi *et al.*, (2023) bahwa pengendalian limbah semen sejak tahap pencampuran merupakan strategi penting untuk mengurangi dampak lingkungan, mempertahankan kualitas tanah, serta mendukung praktik konstruksi yang berkelanjutan.

Tingkat perubahan sifat fisik tanah sangat dipengaruhi oleh jumlah limbah adukan semen yang masuk ke dalam tanah akibat dari teknik pengadukan. Pengadukan secara langsung di permukaan tanah menyebabkan perubahan paling besar. Sebaliknya penggunaan molen besar menghasilkan perubahan yang paling kecil (Tabel 4). Hasil ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara jumlah limbah semen yang tercecer dengan tingkat degradasi sifat fisik tanah. Material semen yang mengalami proses hidrasi

membentuk senyawa yang mengisi ruang pori tanah. Mengakibatkan infiltrasi dan permeabilitas menurun secara signifikan, diikuti penurunan stabilitas agregat. Menurut Endriani *et al.*, (2025) bahwa perubahan struktur tanah meningkatkan bobot isi dan menurunkan porositas, infiltrasi, serta permeabilitas tanah.

Penurunan infiltrasi, permeabilitas, dan stabilitas agregat pada pengadukan di permukaan tanah menunjukkan bahwa limbah semen tidak hanya memengaruhi kondisi permukaan tanah, tetapi juga menurunkan fungsi hidrologi dan stabilitas struktur tanah secara menyeluruh. Penurunan infiltrasi menyebabkan banyak air hujan mengalir di permukaan sehingga meningkatkan risiko limpasan dan erosi. Rendahnya permeabilitas menghambat pergerakan air menuju lapisan tanah yang lebih dalam. Menurut Lee *et al.* (2024) bahwa limbah semen merupakan penyebab utama degradasi tanah. Dijelaskan pula oleh Ajayi *et al.*, (2023) bahwa pencegahan tumpahan adukan semen selama proses pencampuran merupakan strategi yang paling efektif untuk meminimalkan dampak terhadap kualitas tanah dan lingkungan. Dengan demikian, penggunaan peralatan pencampuran yang lebih modern seperti molen besar tidak hanya meningkatkan efisiensi pekerjaan konstruksi, tetapi juga merupakan bentuk penerapan konstruksi berkelanjutan yang mampu mengurangi degradasi sifat fisik tanah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa bahwa teknik pengadukan semen merupakan faktor penting dalam pencegahan kerusakan tanah pada kegiatan konstruksi. Penggunaan molen besar untuk pengadukan semen merupakan alternatif terbaik karena mampu menekan jumlah limbah mortar yang tercecer, menjaga kualitas sifat fisik tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan material, serta mendukung penerapan prinsip konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*) dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik pada pembangunan gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Accardo, S., Schiavo, S., Parrella, L., Montereali, M. R., Lama, G., Verdoloti, L., & Manzo, S. (2023). Do new cement-based mortars pose a significant threat to the aquatic environment? *Chemosphere*, 332, 138818. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138818>
- Ajayi, S. O., et al. (2023). Liquid waste management in the construction sector: A systematic literature review. *International Journal of Construction Management*, 23(15), 2638–2653. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2211416>
- Arsyad, A., Zaenap, D. S., Aris, A. M., Jamaluddin, Reno, & Ilmail. (2024). Analisis limbah material konstruksi arsitektural proyek pembangunan PLTU Sulawesi Selatan Barru-2. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12(3).
- Astuti, P., Pramana, A. A., Purnama, A. Y., Arifat, R. S., Monika, F., & Habirun, A. N. (2024). Engineering properties of seawater-mixed mortar with batching plant residual waste as aggregate replacement. *Sinergi*, 28(2), 381–394. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.2.017>

- Endriani, Listyarini, D., & Farni, Y. (2025). Improving physical properties of Ultisol and maize yield using coconut shell biochar and *Leucaena* compost. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(2), 6991–6999. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.122.6991>
- Freitas, G. S., & Dalmas, F. B. (2021). Quantitative analysis of mortar waste in civil construction in Brazil between the years 2009 and 2018. *Revista Principia*. <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5484>
- Karunasena, G., Gajanayake, A., Wijeratne, W. M. P. U., Milne, N., Udawatta, N., & Parera, S. (2022). Liquid waste management in the construction sector: A systematic literature review. *International Journal of Construction Management*, 24(1), 86–96.
- Lee, S., Chang, H., & Lee, J. (2024). Construction and demolition waste management and its impacts on the environment and human health: Moving forward sustainability enhancement. *Sustainable Cities and Society*, 115, 105855.
- Li, Y., Yin, J., Yuan, Q., Huang, T., He, J., & Li, J. (2022). Fresh and hardened properties of cement paste and mortar incorporating calcined cutter soil mixing residue. *Construction and Building Materials*, 357, 129376. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129376>
- Mahendra, B. Y., Susilo, A. J., & Sandjaja, G. (2025). Persentase kenaikan nilai CBR tanah lanau Halim yang diperkuat dengan limbah C&D pada berbagai proporsi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 8(1), 273–280. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i1.33166>
- Pakkiyachandran, M., & Sathiparan, N. (2025). Comparative study on quarry waste, manufactured sand, quarry dust as river sand replacement in cement mortar. *Materialia*, 40, 102395. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2025.102395>
- Putinella, J. A., & Latupapua, A. I. (2022). Pemberian bahan *organic soil treatment* dan pupuk kandang kotoran ayam untuk perubahan beberapa sifat fisik Ultisol. *Jurnal Pertanian Kepulauan*, 6(2), 91–100. <https://doi.org/10.30598/jpk.2022.6.2.91>
- Rahmadani, M. H., Syarbini, M., & Saidy, A. R. (2025). Kajian sifat fisika tanah Ultisol pra dan pasca penanaman padi sawah. *Acta Solum*, 3(1), 41–45. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v3i1.2658>
- Ririn, Nusantara, R. W., & Hazriani, R. (2025). Karakteristik fisika tanah Ultisol di lahan karet: Studi perbandingan pengaruh tanaman penutup terhadap sifat-sifat tanah. *Agrikultura*, 36(3), 561–571. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v36i3.62473>
- Sugiharto, K., Marjono, M., Ciptadi, G., & Wisnumurti, W. (2025). Evaluating environmental sustainability and ecosystem disruption caused by construction demolition waste in a university precinct. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(10), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338119>
- Ujile, M. C., & Abbey, S. J. (2022). The use of fine portions from construction and demolition waste for expansive soil stabilization: A review. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 16(7), 803–816. <https://doi.org/10.1007/s11709-022-0835-z>
- Wu, H., Yao, P., Yang, D., Wang, C., Shen, C., & M, Z. (2022). Upcycling of construction spoil powder as partial cement replacement for sustainable cement-based materials. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133361.