

Penerapan “Zero Waste Policy” dalam Praktikum Beton di Universitas Negeri Malang

Arvieka Sabilla Putri Setiadi¹, Imron Ali Wafi², Lutfia Santika Dewi³, Siti Malikha⁴,
Aftina Ni'ma Rosyada⁵

Pendidikan Kejuruan, Universitas Negeri Malang

Co-author: arvieka.sabilla.2405518@students.um.ac.id

Abstrak

Pengelolaan limbah dalam praktikum beton memainkan peran penting dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dalam pendidikan vokasi. Kegiatan praktikum beton umumnya menghasilkan berbagai jenis limbah konstruksi, termasuk sisa campuran beton, spesimen uji yang rusak, bubur semen, bekisting kayu, paku, dan sisa batu dari pekerjaan pondasi, yang dapat menyebabkan masalah lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Studi ini bertujuan untuk menganalisis implementasi Kebijakan Nol Limbah dalam kegiatan praktikum beton di Universitas Negeri Malang dengan membandingkan produksi limbah antara kelas kontrol tanpa kebijakan dan kelas perlakuan yang menerapkan prinsip Nol Limbah. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain penelitian komparatif. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, pengukuran volume dan berat limbah, dan dokumentasi sistematis selama praktikum beton, pemasangan papan bouwplank, dan praktik pondasi batu. Hasil menunjukkan bahwa implementasi Kebijakan Nol Limbah secara signifikan mengurangi volume limbah konstruksi di kelas perlakuan, khususnya untuk limbah beton, kayu, paku, dan batu, dibandingkan dengan kelas kontrol. Penerapan prinsip mengurangi, menggunakan kembali, dan mendaur ulang (3R) juga meningkatkan kesadaran siswa tentang praktik konstruksi berkelanjutan. Temuan ini menunjukkan bahwa mengintegrasikan Kebijakan Nol Limbah ke dalam praktik laboratorium konkret kejuruan efektif dalam meminimalkan produksi limbah sekaligus menumbuhkan sikap bertanggung jawab terhadap lingkungan di kalangan mahasiswa. Studi ini berkontribusi pada pengembangan strategi manajemen laboratorium berkelanjutan dan mendukung implementasi inisiatif kampus hijau di lembaga pendidikan tinggi.

Kata kunci: Zero Waste Policy, Praktikum Beton, Pengelolaan Limbah Konstruksi, Pendidikan Kejuruan, Laboratorium

Article History

Received: Desember 2025

Reviewed: Desember 2025

Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Sindoro.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Sindoro



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah praktikum beton dalam pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam mendukung prinsip keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan. Pendidikan kejuruan tidak hanya berorientasi pada penguasaan keterampilan teknis, tetapi juga pada pembentukan sikap profesional yang beretika dan berwawasan lingkungan. Aktivitas praktikum konstruksi, khususnya yang berkaitan dengan beton dan pekerjaan awal struktur, berpotensi menghasilkan limbah material dalam jumlah yang signifikan. Limbah tersebut tidak hanya berasal dari beton segar, tetapi juga dari material pendukung yang digunakan selama

proses praktikum. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan aspek teknis, pedagogis, dan ekologis secara seimbang.

Laboratorium beton di lingkungan pendidikan kejuruan, termasuk di Universitas Negeri Malang, berfungsi sebagai sarana pembelajaran berbasis praktik yang merepresentasikan kondisi nyata di industri konstruksi. Laboratorium ini digunakan untuk berbagai kegiatan praktikum, seperti pembuatan benda uji beton, pengujian material, serta pekerjaan awal konstruksi. Praktikum pemasangan bouwplank dan pembuatan profil pondasi batu kali menjadi bagian penting dalam pembelajaran dasar konstruksi. Kegiatan tersebut melibatkan penggunaan berbagai material bantu yang berpotensi menjadi limbah apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan laboratorium beton perlu dirancang secara komprehensif dan berorientasi pada keberlanjutan.

Kegiatan praktikum beton dan pekerjaan konstruksi dasar secara inheren menghasilkan berbagai jenis limbah material. Limbah tersebut meliputi sisa adukan beton, benda uji yang rusak, slurry semen hasil pencucian peralatan, serta agregat sisa. Selain itu, praktikum pemasangan bouwplank dan profil pondasi batu kali juga menghasilkan limbah berupa kayu bekas bekisting atau bouwplank, paku yang tidak terpakai, serta batu sisa pasangan pondasi. Material-material ini sering kali dianggap sebagai limbah akhir tanpa nilai guna lanjutan. Padahal, sebagian besar limbah tersebut masih memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali atau didaur ulang dalam kegiatan praktikum berikutnya.

Kelas praktikum beton yang belum menerapkan kebijakan Zero Waste Policy cenderung menghasilkan limbah dalam jumlah yang lebih besar dan beragam. Limbah kayu, paku, dan batu dari praktikum bouwplank dan pondasi batu kali umumnya dikumpulkan tanpa pemilahan yang jelas. Material tersebut sering kali langsung dibuang atau ditumpuk tanpa perencanaan pemanfaatan kembali. Praktik ini berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan serta pemborosan sumber daya material. Pola pengelolaan semacam ini juga berdampak pada rendahnya kesadaran mahasiswa terhadap pentingnya tanggung jawab lingkungan dalam praktik konstruksi (Hanedar et al., 2021).

Pengelolaan limbah konstruksi yang baik penting untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Menurut penelitian oleh Hossain, penerapan Zero Waste Policy tidak hanya membantu dalam mengurangi volume limbah, tetapi juga meningkatkan kesadaran mahasiswa tentang tanggung jawab lingkungan Ibrahim & Zitri (2023). Dengan menerapkan prinsip-prinsip 3R, mahasiswa diharapkan dapat memahami pentingnya penggunaan sumber daya yang efisien dan perlunya pengelolaan limbah secara berkelanjutan. Temuan ini menguatkan teori bahwa penerapan kebijakan lingkungan dalam pendidikan kejuruan dapat menghasilkan sikap peduli lingkungan yang lebih baik di antara mahasiswa (Pratini & Afifah, 2018).

Penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton menawarkan pendekatan sistematis untuk mengelola berbagai jenis limbah tersebut. Kebijakan ini menekankan prinsip pengurangan, pemakaian kembali, dan daur ulang material yang digunakan selama praktikum. Limbah kayu dari bouwplank dapat dimanfaatkan kembali sebagai media praktik atau bahan bantu pada kegiatan lain. Paku yang masih layak dapat dipilah dan digunakan ulang, sementara batu sisa pondasi dapat dimanfaatkan sebagai agregat atau material latihan pasangan. Pendekatan ini mendorong pengelolaan material yang lebih efisien dan bertanggung jawab.

Penerapan Zero Waste Policy juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas pembelajaran mahasiswa. Mahasiswa tidak hanya memahami aspek teknis pembuatan beton dan konstruksi dasar, tetapi juga memperoleh pengalaman langsung dalam pengelolaan limbah konstruksi. Kesadaran terhadap keberlanjutan dapat terbentuk melalui aktivitas pemilahan, penyimpanan, dan pemanfaatan kembali material kayu, paku, dan batu. Laboratorium berperan sebagai media pembelajaran kontekstual yang mengaitkan praktik konstruksi dengan tanggung jawab lingkungan. Pemanfaatan kembali material ini sejalan dengan konsep efisiensi sumber daya dalam pendidikan kejuruan (Hanedar et al., 2021; Wright et al., 2023).

Perbandingan antara kelas yang menerapkan dan tidak menerapkan Zero Waste Policy menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam pengelolaan limbah praktikum. Kelas yang menerapkan Zero Waste Policy mampu menurunkan volume limbah beton maupun limbah material pendukung seperti kayu, paku, dan batu. Efisiensi penggunaan bahan meningkat karena mahasiswa dilatih untuk merencanakan kebutuhan material secara lebih cermat. Praktikum tidak lagi dipandang sebagai aktivitas sekali pakai, tetapi sebagai proses berkelanjutan. Kondisi ini berkontribusi pada pembentukan sikap profesional dan peduli lingkungan pada mahasiswa (Kurniawan et al., 2021).

Kelas praktikum beton yang tidak menerapkan kebijakan Zero Waste Policy masih menunjukkan pola pengelolaan limbah yang bersifat konvensional. Limbah kayu bouwplank, paku, dan batu pondasi sering kali diperlakukan sebagai sisa pekerjaan yang tidak bernilai. Potensi pemanfaatan kembali material tersebut belum diintegrasikan ke dalam desain pembelajaran. Akibatnya, kebutuhan material baru terus meningkat pada setiap siklus praktikum. Kondisi ini berdampak pada rendahnya efisiensi pembelajaran dan meningkatnya beban lingkungan.

Kajian empiris mengenai penerapan Zero Waste Policy pada laboratorium beton di pendidikan kejuruan Indonesia masih relatif terbatas. Penelitian yang secara khusus mengkaji pengelolaan limbah kayu, paku, dan batu dari praktikum konstruksi dasar juga masih jarang dilakukan. Keterbatasan kajian ini menyebabkan belum optimalnya pemahaman mengenai efektivitas Zero Waste Policy dalam konteks pembelajaran praktikum beton dan konstruksi dasar. Penelitian ini diarahkan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis perbedaan pengelolaan limbah antara kelas yang menerapkan dan tidak menerapkan Zero Waste Policy. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi pengelolaan laboratorium beton yang berkelanjutan serta mendukung inisiatif kampus hijau di perguruan tinggi (Moqbel et al., 2020; Hamid et al., 2023).

METODE

Metode penelitian ini dirancang untuk mengeksplorasi penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton di Universitas Negeri Malang. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan desain komparatif, yang membandingkan pengelolaan limbah praktikum antara kelas kontrol (tanpa penerapan Zero Waste Policy) dan kelas perlakuan (dengan penerapan Zero Waste Policy). Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai perbedaan volume dan jenis limbah yang dihasilkan dari kedua kelas tersebut.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Universitas Negeri Malang sebagai lokasi pengambilan data dan pengamatan selama kegiatan praktikum berlangsung. Subjek penelitian

adalah mahasiswa pendidikan kejuruan yang mengikuti mata kuliah praktikum beton, praktikum pemasangan bouwplank, serta praktikum profil pondasi batu kali. Pemilihan subjek ini didasarkan pada keterlibatan langsung mahasiswa dalam aktivitas praktikum yang berpotensi menghasilkan limbah konstruksi, sehingga data yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi nyata pengelolaan limbah praktikum di laboratorium.

Objek penelitian meliputi limbah praktikum konstruksi yang dihasilkan selama kegiatan pembelajaran. Limbah yang dikaji mencakup limbah beton berupa sisa adukan, benda uji rusak, dan slurry semen, serta limbah non-beton berupa kayu bekas bouwplank atau bekisting, paku, dan batu sisa pasangan pondasi batu kali. Objek penelitian ini dipilih karena relevansinya dengan kegiatan praktikum beton dan konstruksi dasar serta potensinya untuk dikelola melalui prinsip Zero Waste Policy.

Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat yang dioperasionalkan ke dalam indikator terukur. Variabel bebas berupa penerapan Zero Waste Policy, sedangkan variabel terikat meliputi volume dan jenis limbah praktikum konstruksi. Indikator masing-masing variabel disusun untuk memudahkan proses pengukuran dan analisis data. Rincian variabel dan indikator penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian dan Indikator

Variabel	Jenis Variabel	Indikator	Satuan
Penerapan Zero Waste Policy	Variabel Bebas	Penerapan prinsip reduce	Ada/Tidak
		Penerapan prinsip reuse	Ada/Tidak
		Penerapan prinsip recycle	Ada/Tidak
Limbah Beton	Variabel Terikat	Volume sisa adukan beton	kg / m ³
		Jumlah benda uji rusak	Unit
		Volume slurry semen	Liter
Limbah Kayu	Variabel Terikat	Jumlah kayu bouwplank yang digunakan kembali	Batang
		Volume kayu sisa yang dibuang	m ³
Limbah Paku	Variabel Terikat	Jumlah paku yang digunakan kembali	Buah
		Jumlah paku yang dibuang	Buah
Limbah Batu	Variabel Terikat	Berat batu sisa pasangan pondasi	kg
		Jumlah batu yang dimanfaatkan kembali	kg

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik yang disesuaikan dengan karakteristik data yang dibutuhkan. Teknik yang digunakan meliputi observasi langsung, pengukuran volume atau berat limbah, serta dokumentasi kegiatan praktikum. Setiap teknik pengumpulan data dilengkapi dengan instrumen yang dirancang untuk memperoleh data secara sistematis dan akurat. Rincian teknik dan instrumen pengumpulan data disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Instrumen Pengumpulan Data

No Teknik	Instrumen	Data yang Dikumpulkan
1 Observasi	Lembar observasi praktikum	Jenis limbah yang dihasilkan selama praktikum
2 Pengukuran	Timbangan dan alat ukur volume	Berat dan volume limbah beton, kayu, paku, dan batu
3 Dokumentasi	Kamera dan catatan lapangan	Proses praktikum dan pengelolaan limbah
4 Pencatatan sistematis	Formulir pencatatan limbah	Jumlah limbah yang dibuang, digunakan kembali, dan didaur ulang

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang terstruktur. Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi jenis dan sumber limbah yang dihasilkan selama kegiatan praktikum. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan praktikum pada kelas kontrol dan kelas perlakuan sesuai kurikulum yang berlaku. Pada kelas perlakuan, prinsip Zero Waste Policy diterapkan melalui strategi reduce, reuse, dan recycle, khususnya terhadap limbah beton, kayu, paku, dan batu. Selanjutnya dilakukan pengukuran dan pencatatan limbah dari kedua kelas sebagai dasar analisis.

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan membandingkan volume dan jenis limbah yang dihasilkan pada kelas kontrol dan kelas perlakuan. Persentase pengurangan limbah dihitung untuk menunjukkan dampak penerapan Zero Waste Policy secara kuantitatif. Data hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sederhana guna memudahkan interpretasi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pengelolaan limbah praktikum beton antara kelas yang menerapkan Zero Waste Policy dan kelas yang tidak menerapkan kebijakan tersebut. Data hasil penelitian diperoleh dari kegiatan observasi, pengukuran volume dan berat limbah, serta pencatatan sistematis selama pelaksanaan praktikum beton, pemasangan bouwplank, dan profil pondasi batu kali. Hasil penelitian disajikan berdasarkan jenis limbah yang dihasilkan dan perbandingan antara kelas kontrol dan kelas perlakuan.

Hasil Pengelolaan Limbah Kayu (Bouwplank)

Limbah kayu dari praktikum pemasangan bouwplank ditemukan dalam jumlah yang cukup besar pada kelas kontrol. Kayu bekas bouwplank pada kelas kontrol sebagian besar tidak dipilah dan langsung disimpan sebagai limbah akhir. Rata-rata volume limbah kayu yang dibuang pada kelas kontrol mencapai $\pm 0,45 \text{ m}^3$ per siklus praktikum. Hal ini menunjukkan rendahnya pemanfaatan kembali material kayu dalam kegiatan praktikum.

Tabel 3. Hasil Pengelolaan Limbah Kayu (Bouwplank)

Kelas	Volume Limbah Kayu Dibuang (m^3/siklus)	Pemanfaatan Kembali
Kelas Kontrol	0,45	Tidak ada
Kelas Perlakuan	0,20	Digunakan ulang
Pengurangan (%)	55,6%	—

Pada kelas perlakuan, limbah kayu dikelola melalui prinsip reuse dengan memanfaatkan kembali bouwplank yang masih layak. Volume limbah kayu yang dibuang pada kelas perlakuan menurun menjadi $\pm 0,20 \text{ m}^3$ per siklus praktikum. Sebagian kayu digunakan kembali untuk kegiatan praktikum berikutnya atau sebagai media latihan. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy mampu meningkatkan efisiensi penggunaan material kayu secara signifikan.

Hasil Pengelolaan Limbah Paku

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang jelas dalam pengelolaan limbah paku antara kedua kelas. Pada kelas kontrol, paku bekas praktikum sebagian besar tidak dikumpulkan kembali secara sistematis dan dianggap sebagai limbah akhir. Rata-rata jumlah paku yang dibuang mencapai ± 180 buah per siklus praktikum. Kondisi ini menunjukkan kurangnya kesadaran terhadap potensi penggunaan ulang material kecil namun bernilai. Hasil dari pengelolaan limbah paku akan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengelolaan Limbah Paku

Kelas	Paku Digunakan (buah)	Paku Dibuang (buah)	Paku Digunakan Kembali (%)
Kelas Kontrol	200	180	10%
Kelas Perlakuan	200	60	65%

Pada kelas perlakuan, paku bekas praktikum dikumpulkan, dipilah, dan disimpan untuk digunakan kembali. Jumlah paku yang dapat digunakan ulang mencapai $\pm 65\%$ dari total paku yang digunakan. Limbah paku yang dibuang menurun menjadi ± 60 buah per siklus praktikum. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip reuse memberikan kontribusi nyata dalam mengurangi limbah material logam.

Hasil Pengelolaan Limbah Batu (Pondasi Batu Kali)

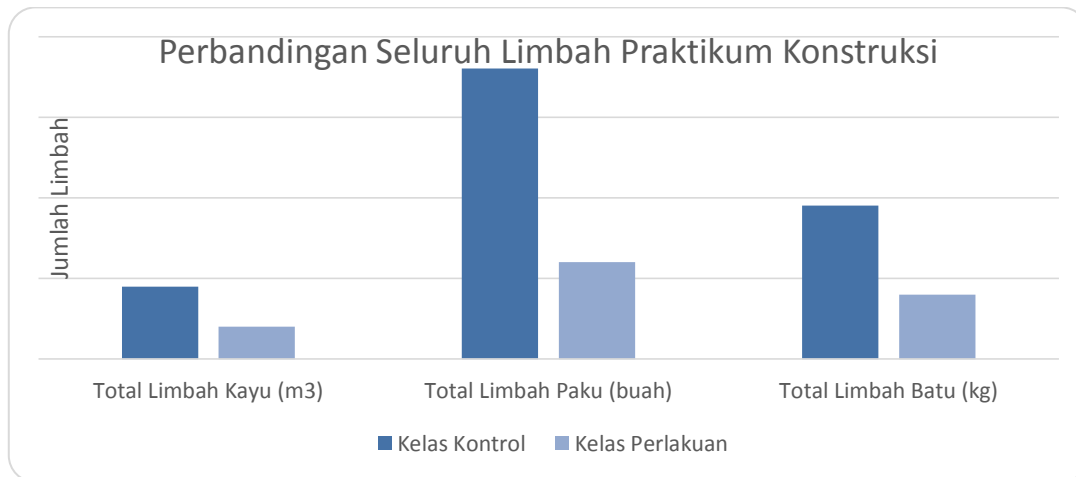
Limbah batu dari praktikum profil pondasi batu kali pada kelas kontrol menunjukkan jumlah yang relatif besar. Batu sisa pasangan pondasi pada kelas kontrol umumnya tidak dimanfaatkan kembali dan langsung ditumpuk sebagai limbah. Rata-rata berat limbah batu yang dihasilkan mencapai $\pm 95 \text{ kg}$ per siklus praktikum. Kondisi ini menunjukkan belum optimalnya pengelolaan material batu pada kegiatan praktikum. Hasil pengelolaan limbah batu pada pondasi kali akan disajikan pada tabel 5.

Tabel 6. Hasil Pengelolaan Limbah Batu (Pondasi Batu Kali)

Kelas	Berat Limbah Batu (kg/siklus)	Pemanfaatan Kembali
Kelas Kontrol	95	Tidak dimanfaatkan
Kelas Perlakuan	40	Digunakan ulang
Pengurangan (%)	57,9%	—

Pada kelas perlakuan, batu sisa pasangan pondasi dikelola melalui pemilahan dan pemanfaatan kembali sebagai material latihan atau agregat kasar. Berat limbah batu yang dibuang menurun menjadi $\pm 40 \text{ kg}$ per siklus praktikum. Penurunan ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy efektif dalam mengurangi limbah material alam yang masih memiliki nilai guna.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas perlakuan dalam pengelolaan limbah praktikum. Total limbah praktikum konstruksi pada kelas kontrol lebih tinggi dibandingkan kelas perlakuan. Penerapan Zero Waste Policy mampu menurunkan total volume limbah hingga $\pm 45\text{-}55\%$ tergantung pada jenis material. Penurunan terbesar terjadi pada limbah beton dan kayu, sementara penurunan limbah paku dan batu juga menunjukkan hasil yang konsisten.



Gambar 1. Diagram Perbandingan Seluruh Limbah Praktikum Konstruksi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton dan konstruksi dasar tidak hanya berdampak pada pengurangan volume limbah, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan material. Temuan ini menegaskan bahwa kebijakan Zero Waste Policy dapat diterapkan secara efektif di lingkungan laboratorium pendidikan kejuruan. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan dasar empiris bagi pengembangan pengelolaan laboratorium beton yang berorientasi pada keberlanjutan.

PEMBAHASAN

Pembahasan mengenai penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton di Universitas Negeri Malang berfokus pada hasil penelitian mengenai perbedaan volume dan jenis limbah praktikum antara kelas kontrol yang tidak menerapkan Zero Waste Policy dan kelas perlakuan yang menerapkan kebijakan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy di kelas perlakuan berhasil mengurangi volume limbah secara signifikan, termasuk limbah beton (sisa adukan, benda uji rusak, slurry semen), limbah kayu (bouwplank/bekisting), limbah paku, dan limbah batu (sisa pasangan pondasi batu kali). Temuan ini selaras dengan hasil studi yang menyatakan bahwa penerapan kebijakan zero waste dan praktik pengelolaan limbah yang baik dapat mengurangi dampak lingkungan secara nyata Felix et al. (2023).

Pengelolaan limbah konstruksi memiliki dampak besar terhadap lingkungan. Menurut Indrosaptono dan Syahbana, praktik pengelolaan yang baik dapat mengurangi volume limbah yang dihasilkan, yang pada gilirannya mengurangi emisi gas rumah kaca (Indrosaptono & Syahbana, 2017). Penerapan Zero Waste Policy menekankan prinsip reduce, reuse, dan recycle (3R) dalam pengelolaan limbah, yang dapat membantu mendidik mahasiswa tentang pentingnya keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan (Parvez et al., 2019). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan kebijakan tersebut tidak hanya membatasi jumlah limbah, tetapi juga menjadikan mahasiswa lebih sadar akan praktik yang berkelanjutan dalam pekerjaan konstruksi mereka kelak.

Berbagai penelitian sebelumnya mendukung hasil yang ditemukan dalam studi ini. Misalnya, penelitian oleh Yuan mengemukakan bahwa penerapan kebijakan pengelolaan limbah yang ketat terbukti efektif dalam mengurangi limbah konstruksi, terutama di negara-negara dengan ekonomi berkembang (Yuan, 2017). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa fasilitas pendidikan yang menerapkan kebijakan zero waste mampu menciptakan penyadaran dan partisipasi aktif dari mahasiswa dalam pengelolaan limbah (Parvez et al., 2019). Dalam konteks ini, studi ini berkontribusi pada literatur yang ada, menunjukkan bagaimana pendekatan yang lebih terencana dan sistematis dalam mencapai zero waste dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan akademik.

Efektivitas penerapan prinsip 3R dalam praktikum beton terlihat dari pengurangan signifikan volume limbah. Penerapan prinsip reduce mendorong penggunaan bahan yang lebih efisien, sementara prinsip reuse dan recycle memberikan peluang untuk memanfaatkan kembali dan mendaur ulang material yang ada. Penelitian oleh Septiana et al. menunjukkan bahwa program-program pengelolaan limbah yang baik di daerah lain di Indonesia juga mampu mengurangi emisi karbon dan mengurangi beban pada tempat pembuangan akhir (Septiana et al., 2022). Implementasi prinsip 3R dalam kegiatan praktikum tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas tetapi juga menanamkan pola pikir yang lebih bertanggung jawab pada mahasiswa tentang pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Implikasi dari hasil penelitian ini menekankan kebutuhan untuk mengintegrasikan Zero Waste Policy dalam kurikulum pendidikan kejuruan, sehingga mahasiswa tidak hanya belajar teori tetapi juga memahami praktik yang ramah lingkungan. Dengan pengelolaan laboratorium beton yang lebih baik, peluang untuk mencapai kampus hijau semakin terbuka (Dewi & Roziqin, 2022). Lingkungan pendidikan tinggi harus menjadi tempat yang tidak hanya mendorong pembelajaran akademik, tetapi juga kesadaran dan tanggung jawab terhadap lingkungan.

Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan. Salah satu keterbatasan utama adalah kurangnya pengukuran faktor-faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi perilaku mahasiswa dalam mengelola limbah, seperti infrastruktur pengelolaan limbah dan kebijakan lokal, yang mungkin berbeda dari satu daerah ke daerah lainnya (Ghulam & Abushammala, 2023). Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat mengeksplorasi bagaimana konteks lokal dan kebijakan dapat mempengaruhi hasil penerapan Zero Waste Policy, dan bagaimana praktik-praktik terbaik dapat disebarluaskan ke berbagai institusi pendidikan di Indonesia (Listiningrum et al., 2023).

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton di Universitas Negeri Malang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengurangan limbah, kesadaran lingkungan mahasiswa, dan implementasi kebijakan kampus hijau. Ini menegaskan pentingnya strategi yang berkelanjutan dalam pendidikan kejuruan untuk membangun masa depan yang lebih baik bagi lingkungan dan masyarakat (Esopere et al., 2024).

Pembahasan penelitian ini menginterpretasikan hasil kuantitatif yang mengkaji perbedaan volume dan jenis limbah praktikum konstruksi antara kelas kontrol dan kelas perlakuan di Universitas Negeri Malang. Kelas kontrol merupakan kelas yang melaksanakan praktikum tanpa penerapan Zero Waste Policy, sedangkan kelas perlakuan menerapkan kebijakan tersebut secara sistematis. Perbandingan ini memberikan gambaran empiris mengenai dampak kebijakan pengelolaan limbah terhadap kegiatan praktikum. Hasil

penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara kedua kelas. Temuan ini memperkuat argumen bahwa kebijakan pengelolaan limbah memiliki pengaruh langsung terhadap jumlah limbah yang dihasilkan dalam kegiatan pembelajaran praktik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas perlakuan mampu menurunkan volume limbah secara signifikan dibandingkan kelas kontrol. Penurunan tersebut terjadi pada berbagai jenis limbah, meliputi limbah beton, kayu bouwplank, paku, dan batu pondasi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penerapan Zero Waste Policy dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material praktikum. Pengelolaan limbah yang terencana juga berkontribusi terhadap pengurangan dampak lingkungan. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan (Muzanni et al., 2022).

Temuan penelitian ini relevan dengan teori pengelolaan limbah konstruksi yang menekankan pentingnya pencegahan limbah sejak tahap perencanaan kegiatan. Prinsip Zero Waste yang diterapkan melalui pendekatan reduce, reuse, dan recycle terbukti mampu menekan jumlah limbah yang dihasilkan. Pendekatan tersebut tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Teori pengelolaan limbah memandang limbah sebagai bagian dari sistem produksi yang harus dikendalikan. Implementasi prinsip ini menjadi sangat relevan dalam konteks praktikum konstruksi yang cenderung menghasilkan limbah dalam jumlah besar.

Penerapan prinsip reduce dalam penelitian ini tercermin dari perencanaan penggunaan material yang lebih terkendali pada kelas perlakuan. Mahasiswa diarahkan untuk menggunakan bahan sesuai dengan kebutuhan praktikum sehingga sisa material dapat diminimalkan. Strategi ini berdampak langsung terhadap penurunan jumlah sisa adukan beton dan material konstruksi lainnya. Pendekatan reduce juga menuntut ketelitian dan perencanaan yang lebih matang dalam pelaksanaan praktikum. Hasil ini sejalan dengan temuan Blay-Armah et al. yang menegaskan bahwa pengurangan limbah sejak awal merupakan langkah paling efektif dalam pengelolaan limbah konstruksi (Blay-Armah et al., 2023).

Prinsip reuse dalam penelitian ini terlihat dari pemanfaatan kembali material kayu bouwplank dan paku yang masih layak pakai. Material tersebut tidak langsung dibuang setelah praktikum selesai, tetapi dikumpulkan dan disimpan untuk digunakan kembali. Praktik ini memberikan nilai tambah terhadap material yang sebelumnya dianggap sebagai limbah. Pemanfaatan kembali material juga mengurangi kebutuhan penggunaan bahan baru pada praktikum berikutnya. Pendekatan ini berkontribusi pada efisiensi sumber daya sekaligus menanamkan sikap bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Penerapan prinsip recycle turut memberikan kontribusi terhadap penurunan volume limbah, khususnya pada limbah beton dan batu pondasi. Sisa beton dan batu yang dihasilkan dari praktikum tidak seluruhnya dibuang, tetapi dimanfaatkan kembali sebagai bahan latihan atau agregat daur ulang. Praktik ini menunjukkan bahwa limbah konstruksi masih memiliki potensi guna apabila dikelola dengan tepat. Penerapan daur ulang juga memperkenalkan konsep ekonomi sirkular kepada mahasiswa secara langsung. Temuan ini sejalan dengan konsep pendidikan kejuruan berkelanjutan yang menekankan keseimbangan antara kompetensi teknis dan kesadaran lingkungan (Vieira et al., 2022).

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pengelolaan limbah di lingkungan pendidikan tinggi masih menghadapi berbagai

tantangan. Penelitian oleh Utama et al. menunjukkan bahwa banyak institusi pendidikan di Indonesia belum optimal dalam menerapkan kebijakan 3R (Utama et al., 2018). Penelitian ini menunjukkan bahwa tantangan tersebut dapat diatasi melalui penerapan kebijakan Zero Waste Policy yang terencana dan konsisten. Laboratorium pendidikan dapat berfungsi sebagai contoh praktik pengelolaan limbah yang baik. Temuan ini memberikan kontribusi empiris terhadap upaya perbaikan pengelolaan limbah di pendidikan tinggi.

Penelitian lain yang relevan menekankan pentingnya langkah-langkah operasional yang konkret dalam pengelolaan limbah di lingkungan akademik. Goh et al. menyatakan bahwa keberhasilan pengurangan limbah sangat dipengaruhi oleh komitmen institusi dan implementasi kebijakan di tingkat operasional (Goh et al., 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan kebijakan Zero Waste Policy secara konsisten dapat menghasilkan perubahan nyata. Kebijakan yang didukung oleh praktik lapangan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah. Temuan ini memperkuat pentingnya integrasi antara kebijakan dan pelaksanaan di laboratorium.

Efektivitas penerapan Zero Waste Policy dalam penelitian ini juga menunjukkan pentingnya sinergi antara kebijakan dan aktivitas pembelajaran. Fandiño et al. menegaskan bahwa keberhasilan pengelolaan limbah sangat dipengaruhi oleh keterlibatan seluruh pihak dalam aktivitas sehari-hari (Fandiño et al., 2023). Mahasiswa dalam penelitian ini mampu beradaptasi dengan kebijakan baru apabila didukung oleh sistem yang jelas. Keterlibatan aktif mahasiswa menjadi faktor kunci dalam keberhasilan penerapan kebijakan. Pengalaman praktikum yang berorientasi keberlanjutan memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap tanggung jawab lingkungan.

Implikasi hasil penelitian ini sangat relevan bagi pengelolaan laboratorium beton di pendidikan tinggi. Laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai sarana pembelajaran teknis, tetapi juga sebagai ruang pembentukan sikap dan nilai. Penerapan Zero Waste Policy berkontribusi terhadap peningkatan kesadaran mahasiswa mengenai pentingnya pengelolaan limbah. Mahasiswa berpotensi menjadi agen perubahan dalam penerapan praktik ramah lingkungan di dunia kerja. Temuan ini sejalan dengan pandangan Ma dan Han yang menekankan peran pendidikan dalam membentuk perilaku pro-lingkungan (Ma & Han, 2022).

Penerapan Zero Waste Policy juga mendukung upaya implementasi konsep kampus hijau di pendidikan tinggi. Integrasi kebijakan lingkungan ke dalam kurikulum pendidikan kejuruan memperkuat karakter mahasiswa sebagai calon tenaga profesional yang bertanggung jawab. Pendekatan ini memungkinkan pendidikan kejuruan berkontribusi secara langsung terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan. Pengelolaan limbah praktikum menjadi bagian dari strategi pendidikan lingkungan yang komprehensif. Laboratorium beton dapat berfungsi sebagai laboratorium hidup untuk praktik keberlanjutan.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada belum diperhitungkannya faktor eksternal yang memengaruhi perilaku mahasiswa dalam mengelola limbah. Faktor seperti ketersediaan fasilitas pendukung dan perbedaan tingkat kesadaran lingkungan mahasiswa belum dianalisis secara mendalam. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa faktor sosial dan budaya turut memengaruhi keberhasilan pengelolaan limbah (Schabowicz, 2019). Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan yang lebih komprehensif. Kajian selanjutnya dapat mengintegrasikan pendekatan perilaku dan sosial untuk memperkaya temuan penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton di Universitas Negeri Malang memberikan dampak positif terhadap pengurangan limbah

dan peningkatan kesadaran lingkungan. Penelitian lanjutan dapat diarahkan pada pengembangan model pengelolaan limbah yang lebih komprehensif di pendidikan kejuruan. Keterlibatan institusi, pengelola laboratorium, dan mahasiswa menjadi faktor penting dalam keberlanjutan kebijakan ini. Pendekatan kolaboratif berpotensi memperkuat efektivitas Zero Waste Policy di lingkungan pendidikan tinggi. Temuan ini sejalan dengan pandangan Xiong et al. yang menekankan pentingnya kolaborasi dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan (Xiong et al., 2024).

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy dalam praktikum beton di Universitas Negeri Malang memberikan dampak positif terhadap pengelolaan limbah praktikum konstruksi. Perbandingan antara kelas kontrol dan kelas perlakuan memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan dalam volume dan jenis limbah yang dihasilkan. Kelas yang menerapkan Zero Waste Policy mampu menurunkan jumlah limbah beton, kayu bouwplank, paku, dan batu pondasi secara konsisten. Temuan ini menunjukkan bahwa kebijakan pengelolaan limbah yang terencana dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material praktikum. Penerapan kebijakan tersebut juga berkontribusi terhadap pengurangan dampak lingkungan yang dihasilkan dari kegiatan pembelajaran praktik.

Kesimpulan selanjutnya menegaskan bahwa penerapan prinsip reduce, reuse, dan recycle merupakan faktor utama dalam keberhasilan Zero Waste Policy pada kegiatan praktikum. Prinsip reduce mendorong penggunaan material secara lebih efisien melalui perencanaan praktikum yang matang. Prinsip reuse memungkinkan pemanfaatan kembali material seperti kayu bouwplank dan paku sehingga mengurangi kebutuhan penggunaan bahan baru. Prinsip recycle memberikan alternatif pemanfaatan limbah beton dan batu sebagai bahan latihan atau agregat daur ulang. Implementasi ketiga prinsip tersebut secara terpadu terbukti mampu menekan volume limbah praktikum secara signifikan.

Kesimpulan penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan Zero Waste Policy berkontribusi terhadap pembentukan sikap peduli lingkungan pada mahasiswa pendidikan kejuruan. Praktikum yang terintegrasi dengan kebijakan pengelolaan limbah memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna. Mahasiswa tidak hanya memperoleh keterampilan teknis, tetapi juga memahami pentingnya tanggung jawab lingkungan dalam praktik konstruksi. Kondisi ini mendukung peran pendidikan kejuruan dalam mencetak lulusan yang memiliki kompetensi profesional sekaligus kesadaran keberlanjutan. Laboratorium beton berpotensi menjadi sarana strategis dalam internalisasi nilai-nilai lingkungan di pendidikan tinggi.

Kesimpulan akhir menunjukkan bahwa Zero Waste Policy layak diterapkan sebagai bagian dari sistem pengelolaan laboratorium beton di pendidikan tinggi. Kebijakan ini tidak hanya relevan untuk pengurangan limbah, tetapi juga mendukung implementasi konsep kampus hijau dan pembangunan berkelanjutan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengelola laboratorium dan institusi pendidikan dalam merumuskan kebijakan pengelolaan limbah praktikum yang lebih sistematis. Pengembangan kebijakan lanjutan dapat diarahkan pada peningkatan fasilitas pendukung dan penguatan regulasi internal. Penerapan Zero Waste Policy secara berkelanjutan diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas pendidikan kejuruan dan pelestarian lingkungan.

REFERENSI

- [1] Blay-Armah, A., Bahodori-Jahromi, A., Mylona, A., & Barthorpe, M. (2023). End-of-life management strategies to mitigate the impacts of building components on climate change: A case study of a supermarket building. *Engineering Future Sustainability*, 1(1). <https://doi.org/10.36828/efs.210>
- [2] Dewi, R., & Roziqin, A. (2022). Waste governance through the “waste to energy” program at the final processing site of Talangagung education tourism in Malang Regency. *JPPUMA: Jurnal Ilmu Pemerintahan dan Sosial Politik Universitas Medan Area*, 10(1), 71-87. <https://doi.org/10.31289/jppuma.v10i1.6790>
- [3] Esopere, Y., Yabar, H., Mizunoya, T., & Richards, D. (2024). Leveraging life cycle assessment and system dynamics model analysis for an integrated household e-waste management system in Yaoundé, Cameroon. *Urban Science*, 8(3), 77. <https://doi.org/10.3390/urbansci8030077>
- [4] Fandiño, J., Martinez, S., Martins, V., Herrera, D., Buitrago, C., Velasquez, A., ... & Torres, M. (2023). Risk assessment and green chemistry applied to waste generated in university laboratories. *Heliyon*, 9(5), e15900. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15900>
- [5] Felix, S., Kréziak, D., & Mencarelli, R. (2023). Exploring citizens’ zero-waste journeys through practice theory: Empirical investigation and public policy implications. *Journal of Public Policy & Marketing*, 43(2), 112-132. <https://doi.org/10.1177/07439156231200803>
- [6] Ghulam, S., & Abushammala, H. (2023). Challenges and opportunities in the management of electronic waste and its impact on human health and environment. *Sustainability*, 15(3), 1837. <https://doi.org/10.3390/su15031837>
- [7] Goh, H., Wong, W., & Ong, Y. (2019). A study to reduce chemical waste generated in chemistry teaching laboratories. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 87-96. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00632>
- [8] Hamid, N., Kamaruzaman, F., Rasul, M., Omar, M., & Majid, M. (2023). Concept of food circular economy in technical and vocational education: A comprehensive review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(12). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v13-i12/20169>
- [9] Hanedar, A., Gül, B., Güneş, E., Kaykıoğlu, G., & Güneş, Y. (2021). Waste management and zero waste practices in educational institutions. *Environmental Research and Technology*, 4(2), 126-133. <https://doi.org/10.35208/ert.887751>
- [10] Ibrahim, I., & Zitri, I. (2023). Peran badan usaha milik desa dalam pemberdayaan masyarakat pada kawasan pertambangan emas di Sumbawa Barat. *Jurnal Humanitas Katalisator Perubahan dan Inovator Pendidikan*, 10(1), 87-96. <https://doi.org/10.29408/jhm.v10i1.23974>
- [11] Indrosaptono, D., & Syahbana, J. (2017). Informal sector strategy in urban inorganic waste management toward 3M management (Merubah, Mengurangi, Manfaat) in Semarang City. *Journal of Architecture and Urbanism*, 41(4), 278-287. <https://doi.org/10.3846/20297955.2017.1411849>
- [12] Kurniawan, T., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Othman, M., Goh, H., ... & Kern, A. (2021). Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124775. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124775>
- [13] Listiningrum, P., Dahlan, M., Anwary, M., Wahyuni, H., & Bachtiar, R. (2023). Waste management without direction in Indonesia: A proposed legal reform towards smart cities. *Jurnal Ilmiah Hukum Legality*, 31(2), 224-244. <https://doi.org/10.22219/ljih.v31i2.27375>

- [14] Ma, Y., & Han, S. (2022). Carbon neutral hand surgery: Simple changes to reduce carbon footprint. *Plastic Surgery*, 32(1), 108-112. <https://doi.org/10.1177/22925503221088839>
- [15] Moqbel, S., Abu-Zurayk, R., Bozeya, A., Alsisan, R., & Bawab, A. (2020). Assessment of sustainable recycling at the University of Jordan. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(6), 1111-1129. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2019-0334>
- [16] Muzanni, A., Lestari, F., Zakianis, Z., Chalid, M., Wardani, W., Satyawardhani, S., ... & Zulys, A. (2022). Multi-sectoral partnership for waste management evaluation and awards recognition in higher education. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(4), 1205-1213. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170419>
- [17] Parvez, N., Agrawal, A., & Kumar, A. (2019). Solid waste management on a campus in a developing country: A study of the Indian Institute of Technology Roorkee. *Recycling*, 4(3), 28. <https://doi.org/10.3390/recycling4030028>
- [18] Pratini, H., & Afifah, A. (2018). Pendekatan solution focused brief therapy (SFBT) dalam mengurangi perilaku prokrastinasi pada mahasiswa. *FOKUS (Kajian Bimbingan & Konseling dalam Pendidikan)*, 1(2), 74. <https://doi.org/10.22460/fokus.v1i2.4506>
- [19] Schabowicz, K. (2019). Non-destructive testing of materials in civil engineering. *Materials*, 12(19), 3237. <https://doi.org/10.3390/ma12193237>
- [20] Septiana, A., Budiono, P., & Roslia, F. (2022). TPS-3R program strategy in Bandar Lampung City. *Perspektif*, 11(3), 859-865. <https://doi.org/10.31289/perspektif.v11i3.6370>
- [21] Utama, Y., Ambariyanto, A., Syafrudin, S., & Samudro, G. (2018). Current practices of waste management at Universitas Diponegoro campus, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 48, 04002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184804002>
- [22] Vieira, L., Figueiredo, A., Cirilo, F., Verdiani, V., & Lima, L. (2022). Analysis of CO₂ emissions and waste elimination capacity of different recycling strategies applied in ready-mixed concrete plants. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 15(6). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952022000600011>
- [23] Wright, I., Nettle, H., Franklin, M., & Reynolds, J. (2023). Recirculating water through concrete aggregates rapidly produced ecologically hazardous water quality. *Water*, 15(9), 1705. <https://doi.org/10.3390/w15091705>
- [24] Xiong, S., Frossard, M., Lasvaux, S., Escamilla, E., & Habert, G. (2024). Environmental savings from concrete reuse: Examining the limitations and optimal practices for cutting thresholds of concrete building components for reuse. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 4(3), 035016. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ad7a22>
- [25] Yuan, H. (2017). Barriers and countermeasures for managing construction and demolition waste: A case of Shenzhen in China. *Journal of Cleaner Production*, 157, 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.137>