

Bantuan Teknis Desain Konstruksi Beton Non-Struktural Berbasis Pemanfaatan Limbah Industri *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant* untuk Mendukung Infrastruktur Berkelanjutan

Anggarani Budi Ribowo¹, Miskar Maini², Tera Melya Patrice Sihombing³, Andry Yuliyanto⁴, Elian Zhafira⁵, Kirtinanda P.⁶, Winny Novalina⁷, Siti Rahma⁸, Bernaditha Catur Marina⁹, Arif Rahman Hakim Sitepu¹⁰, Siska Apriwelni¹¹, Ayudia Hardiyani Kiranaratri¹², Dian Perwita Sari¹³, Erdina Tyagita Utami¹⁴, Hermon Frederik Tambunan¹⁵

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infratraktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

Received : 28 Februari 2026, Revised : 4 Maret 2026, Published : 9 Maret 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Miskar Maini

E-mail: miskar.maini@si.itera.ac.id

Abstrak

Industri konstruksi seperti *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant (AMP)* menghasilkan limbah berupa sisa beton mengeras, *slurry* pencucian mixer, agregat terkontaminasi semen, serta residu aspal halus yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan apabila tidak dikelola dan dimanfaatkan secara optimal. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mendukung penerapan infrastruktur berkelanjutan melalui optimalisasi pemanfaatan limbah konstruksi sebagai bahan baku alternatif beton non-struktural. Program dilaksanakan melalui tahapan identifikasi jenis dan volume limbah ($\pm 1-2$ ton per minggu), pengolahan awal (pengeringan, penghancuran, dan pengayakan), perancangan komposisi campuran (*mix design*), pencetakan produk, curing selama 28 hari, serta pengujian kuat tekan dan daya serap air. Hasil perancangan menghasilkan batako berdimensi $40 \times 20 \times 10$ cm, paving block $20 \times 10 \times 6$ cm, serta saluran beton pracetak dengan lebar 40–85 cm dan tinggi 45–60 cm. Secara teknis, agregat limbah *batching plant* efektif sebagai substitusi parsial agregat alami, sedangkan residu AMP berfungsi sebagai filler yang meningkatkan kepadatan dan menurunkan porositas beton. Produk yang dihasilkan memenuhi kriteria mutu beton non-struktural untuk aplikasi pagar, perkerasan pejalan kaki, dan saluran drainase kawasan industri skala kecil–menengah maupun saluran irigasi. Kegiatan ini berkontribusi pada pengurangan timbulan limbah, efisiensi biaya material, serta penguatan prinsip ekonomi sirkular dalam pembangunan infrastruktur berkelanjutan.

Kata kunci – beton non-struktural, limbah *batching plant*, *Asphalt Mixing Plant*, paving block, saluran pracetak, infrastruktur berkelanjutan

Abstract

Construction industries, such as *batching plants* and *Asphalt Mixing Plants (AMP)*, produce waste in the form of hardened concrete residue, mixer wash slurry, aggregate contaminated with cement, and fine asphalt residue, all of which can cause environmental impacts if not managed and utilized optimally. This community service activity aims to support the implementation of sustainable infrastructure by optimizing the use of construction waste as an alternative raw material for non-structural concrete. The program is implemented through the stages of identifying the type and volume of waste ($\pm 1-2$ tons per week), initial processing (drying, crushing, and sieving), designing the mix composition (*mix design*), product molding, curing for 28 days, and testing the compressive

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

strength and water absorption. The design results produce bricks measuring $40 \times 20 \times 10$ cm, paving blocks measuring $20 \times 10 \times 6$ cm, and precast concrete channels measuring 40–85 cm wide and 45–60 cm high. Technically, *batching plant* waste aggregate is effective as a partial substitute for natural aggregate, while AMP residue serves as a filler that increases concrete density and reduces its porosity. The resulting products meet the quality criteria for non-structural concrete for fencing, pedestrian pavements, drainage channels in small- to medium-scale industrial areas, and irrigation channels. This activity contributes to waste reduction, cost-efficient material use, and the strengthening of circular-economy principles in sustainable infrastructure development.

Keywords - Waste *Batching Plant*, *Asphalt Mixing Plant*, Non-structural concrete, Construction materials

How To Cite : Ribowo, A. B., Maini, M., Sihombing, T. M. P., Yuliyanto, A., Zhafira, E., P. K., Novalina, W., Rahma, S., Marina, B. C., Sitepu, A. R. H., Apriwelni, S., Kiranaratri, A. H., Sari, D. P., Utami, E. T., & Tambunan, H. F. (2026). Bantuan Teknis Desain Konstruksi Beton Non-Struktural Berbasis Pemanfaatan Limbah Industri *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant* untuk Mendukung Infrastruktur Berkelanjutan . *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(3), 4350 - 4360. <https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i3.1233>

Copyright ©2026 Anggarani Budi Ribowo, Miskar Maini, Tera Melya Patrice Sihombing, Andry Yuliyanto, Elian Zhafira⁵, Kirtinanda P, Winny Novalina, Siti Rahma, Bernaditha Catur Marina, Arif Rahman Hakim Sitepu, Siska Apriwelni, Ayudia Hardiyani Kiranaratri, Dian Perwita Sari, Erdina Tyagita Utami, Hermon Frederik Tambunan

PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia menunjukkan tren peningkatan signifikan seiring dengan percepatan pembangunan infrastruktur nasional. Aktivitas produksi beton melalui *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) menjadi komponen penting dalam rantai pasok konstruksi modern. Namun demikian, proses produksi tersebut menghasilkan limbah berupa sisa beton segar, *slurry* pencucian *mixer*, agregat terkontaminasi semen, serta residu aspal yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola secara sistematis (Kou & Poon, 2009; Poon et al., 2001; Tam, 2008). Data global menunjukkan bahwa sektor konstruksi menyumbang proporsi besar terhadap timbulan limbah padat dan konsumsi sumber daya alam (Ghisellini et al., 2016; Karunasena et al., 2025).

Di Indonesia, regulasi dan pedoman teknis pengelolaan limbah konstruksi serta pemanfaatan material alternatif terus dikembangkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dan Badan Standardisasi Nasional melalui berbagai Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait beton, agregat, dan *paving block* (Badan Standardisasi Nasional, 1989; Jaina & Arifin, 2021; Kaselle et al., 2021). Secara internasional, standar pengujian dan spesifikasi material beton juga dirumuskan oleh ASTM International serta *American Concrete Institute* yang memberikan rujukan teknis dalam pengembangan beton berbasis material daur ulang (ACI committee 318, 2011; ASTM C33/C33M Standard Specification for Concrete Aggregates, 2023).

Konsep pembangunan berkelanjutan menekankan pentingnya efisiensi sumber daya dan penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam industri konstruksi (Berardi, 2013; Ding et al., 2016). *United Nations Environment Programme* dan *World Bank* menegaskan bahwa pemanfaatan kembali limbah konstruksi sebagai material substitusi merupakan strategi efektif dalam mengurangi jejak karbon dan eksploitasi agregat alam (Kaza et al., 2018; Tippa & Amodekar, 2024). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa limbah beton dan residu aspal dapat digunakan sebagai agregat daur ulang maupun *filler* pada beton non-struktural dengan performa mekanis yang masih memenuhi batas minimum tertentu (Huang et al., 2005; Katz, 2003; Kou & Poon, 2009; Sahu et al., 2024; Silva et al., 2014).

Meskipun potensi teknisnya cukup besar, implementasi pemanfaatan limbah industri di tingkat mitra lokal sering terkendala oleh keterbatasan kapasitas perancangan konstruksi dan pengendalian mutu material (Lu & Yuan, 2010; Tam, 2009). Banyak industri belum memiliki pedoman teknis terkait karakterisasi material limbah, formulasi mix design berbasis substitusi agregat, maupun evaluasi kinerja produk non-struktural seperti batako, paving block, dan saluran pracetak (Katz, 2003; Mehta, P Kumar. Monteiro, 2006). Padahal, elemen konstruksi non-struktural relatif lebih fleksibel dalam penerapan material alternatif dibandingkan elemen struktural utama (Fanella, 2020; Komastka et al., 2003; Siddique & Naik, 2004). Setelah memperoleh potensi pada limbah yang dapat dibuat

material konstruksi non-struktural, aplikasi material-material tersebut dapat dibuat dimensi bangunan konstruksi dengan secara bertahap diperlukan *Detail Engineering Design* (Maini et al., 2024; Yudi et al., 2024)

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui bantuan teknis perancangan konstruksi menjadi pendekatan strategis untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Melalui pendampingan teknis yang sistematis mulai dari identifikasi dan pengolahan limbah, penyusunan desain campuran, perancangan dimensi produk, hingga pengujian kuat tekan dan pembuatan prototipe bersama mitra industri dapat menghasilkan produk konstruksi yang layak secara teknis, ekonomis, dan lingkungan (Karunasena et al., 2025; Ofori, 2015). Dengan demikian, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan limbah industri, tetapi juga meningkatkan kapasitas kelembagaan dan mendorong transformasi praktik konstruksi menuju sistem yang lebih berkelanjutan.

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan bantuan teknis ini dirancang secara aplikatif dengan menekankan pada proses perancangan teknis produk konstruksi beton non-struktural berbasis pemanfaatan limbah *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP). Tahapan dimulai dari identifikasi jenis dan volume limbah, pengolahan material, penyusunan desain campuran (*mix design*), perancangan dimensi geometrik produk, pembuatan prototipe, hingga evaluasi kinerja teknis.

Pada tahap awal dilakukan survei lapangan untuk menginventarisasi limbah berupa sisa beton mengeras, slurry pencucian, agregat terkontaminasi semen, serta residu aspal. Limbah tersebut kemudian dikeringkan, dihancurkan (*crushing*), dan diayak untuk memperoleh gradasi yang sesuai sebagai substitusi parsial agregat alam. Selanjutnya dilakukan karakterisasi material yang meliputi pemeriksaan berat jenis, gradasi butiran, dan penyerapan air sebagai dasar dalam penyusunan komposisi campuran beton non-struktural.

Perancangan campuran dilakukan dengan pendekatan substitusi agregat alam menggunakan limbah terolah sebesar persentase tertentu yang masih memenuhi target kuat tekan untuk elemen non-struktural. Rasio air-semen (*w/c ratio*) dikontrol dalam rentang moderat agar diperoleh *workability* yang cukup namun tetap menghasilkan kepadatan beton yang baik. Variasi campuran diuji untuk menentukan komposisi optimum sebelum diaplikasikan pada pembuatan prototipe.

Dalam aspek perancangan dimensi, produk yang dikembangkan meliputi batako dinding pagar, *paving block*, dan saluran pracetak drainase/irigasi. Batako dirancang dengan dimensi standar panjang 40 cm, tinggi 20 cm, dan tebal 10 cm, dengan dua rongga vertikal untuk mengurangi berat sendiri dan meningkatkan efisiensi material. Tebal dinding batako sekitar 2,5–3 cm dengan sistem pemasangan menggunakan mortar semen-pasir. Untuk aplikasi dinding pagar, batako dipasang di atas pondasi batu kali selebar ±30–40 cm dengan sloof beton bertulang berpenampang 15 × 20 cm serta kolom praktis berukuran 10 × 10 cm setiap jarak ±3 meter.

Paving block dirancang dalam bentuk persegi panjang dengan dimensi 20 × 10 cm dan tebal 6 cm untuk area pejalan kaki, sedangkan untuk area dengan beban lebih besar dapat digunakan ketebalan 8 cm. Sistem pemasangan dilakukan di atas lapisan pasir urug setebal ±5 cm dan lapis pondasi agregat setebal ±10–15 cm guna menjamin stabilitas dan distribusi beban yang merata.

Saluran pracetak untuk drainase dan irigasi dirancang dengan lebar dalam 40–60 cm, tinggi 50–80 cm, dan tebal dinding 6–8 cm, disesuaikan dengan kebutuhan debit kawasan. Panjang tiap segmen pracetak direncanakan ±1,0 meter untuk memudahkan transportasi dan pemasangan. Kemiringan dasar saluran dirancang sekitar 0,5–1% untuk memastikan aliran gravitasi berjalan efektif. Pada kondisi tertentu, digunakan tulangan baja ringan berdiameter kecil untuk meningkatkan kekakuan elemen pracetak tanpa mengubah fungsi utamanya sebagai elemen non-struktural.

Prototipe produk dicetak menggunakan sistem press (untuk batako dan *paving block*) serta cetakan baja dengan bantuan vibrasi mekanis (untuk sampel beton). Setelah pencetakan, dilakukan curing basah selama 7–28 hari untuk mencapai perkembangan kuat tekan yang optimal. Evaluasi kinerja dilakukan melalui pengujian kuat tekan dan daya serap air guna memastikan produk memenuhi persyaratan teknis aplikasi lapangan.

Melalui metode ini, bantuan teknis tidak hanya menghasilkan desain konstruksi beton non-struktural berbasis limbah industri yang terukur secara dimensi dan teknis, tetapi juga memberikan

transfer pengetahuan kepada mitra dalam hal pengendalian mutu, perancangan geometrik produk, serta implementasi konstruksi yang mendukung prinsip pembangunan infrastruktur berkelanjutan.. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memberikan pengetahuan, tetapi juga mendorong masyarakat agar mampu mengaplikasikan pemanfaatan limbah industri untuk penyediaan material konstruksi dalam pembangunan infrastruktur berkelanjutan secara mandiri. Lokasi mitra pengabdian berada di Kota Metro Provinsi Lampung dan jarak Institut Teknologi Sumatera (ITERA) dengan lokasi kegiatan pengabdian sekitar ± 41 Km dan di laboratorium ITERA. peta Lokasi kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat di tempat mitra wilayah Provinsi Lampung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan bantuan teknis perancangan konstruksi beton non-struktural berbasis limbah *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) menghasilkan beberapa luaran utama yang mencakup aspek teknis material, desain geometrik produk, serta peningkatan kapasitas mitra dalam pengelolaan limbah konstruksi secara berkelanjutan. Luaran pada aspek teknis material meliputi identifikasi karakteristik fisik dan gradasi limbah, evaluasi potensi pemanfaatan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*), serta penyusunan komposisi campuran (*mix design*) untuk produk beton non-struktural dan mortar. Dari sisi desain, kegiatan ini menghasilkan rancangan dimensi dan spesifikasi teknis produk seperti batako, paving block, dan elemen saluran pracetak (*pre-cast*) yang disesuaikan dengan kebutuhan lapangan serta standar mutu yang berlaku untuk konstruksi non-struktural.

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa tahap pertama kegiatan diawali dengan koordinasi intensif antara tim Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera (ITERA) dan pihak mitra industri, yaitu PT. Tri Citra Perdana, yang memiliki potensi limbah dari fasilitas *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP). Tahapan koordinasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber, jenis, serta volume limbah yang dihasilkan dari proses produksi beton dan campuran aspal, seperti sisa agregat, slurry pencucian mixer, dan residu material aspal.

Melalui proses diskusi dan observasi lapangan, tim melakukan pemetaan alur produksi dan titik timbulnya limbah, sehingga diperoleh gambaran menyeluruh mengenai peluang pemanfaatan

kembali material tersebut sebagai bahan substitusi parsial agregat halus maupun kasar dalam beton non-struktural. Selain itu, kegiatan ini juga menjadi sarana transfer pengetahuan kepada mitra terkait prinsip pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular, pengendalian mutu material daur ulang, serta penerapan konsep infrastruktur berkelanjutan. Dengan demikian, tahap awal ini tidak hanya berfungsi sebagai identifikasi teknis, tetapi juga sebagai fondasi penguatan kapasitas kelembagaan mitra dalam mengembangkan produk batako, *paving block*, dan saluran pracetak yang ramah lingkungan dan bernilai tambah secara ekonomi.



Gambar 2. Koordinasi antara ITERA dengan pihak Mitra Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) dengan peninjauan langsung lapangan di tempat produksi *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant*

Hasil Identifikasi dan Pengolahan Limbah

Hasil survei menunjukkan bahwa limbah utama yang dihasilkan berupa sisa beton mengeras, slurry pencucian mixer, agregat terkontaminasi semen, dan residu aspal halus dari AMP. Setelah melalui proses pengeringan, penghancuran, dan pengayakan, limbah beton menghasilkan agregat dengan gradasi yang dapat digunakan sebagai substitusi agregat kasar dan sebagian agregat halus. Residu AMP berfungsi efektif sebagai filler karena memiliki ukuran partikel yang lebih halus dan mampu mengisi rongga antar butiran agregat. Secara visual dan fisik, agregat hasil daur ulang memiliki tekstur lebih kasar dibanding agregat alam. Hal ini berpengaruh pada peningkatan kebutuhan air, namun sekaligus meningkatkan daya ikat mekanis (*mechanical interlocking*) dalam campuran beton non-struktural.

Gambar 3 menunjukkan bahwa limbah yang berasal dari fasilitas *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) tersedia dalam jumlah yang cukup signifikan. Berdasarkan hasil identifikasi dan observasi langsung di lapangan, volume limbah yang dihasilkan berkisar antara 1 hingga 2 ton per minggu, tergantung pada intensitas produksi dan aktivitas operasional. Limbah tersebut umumnya berupa sisa material beton, *slurry* hasil pencucian *mixer*, agregat tercampur semen, serta residu aspal dari proses pencampuran.



Gambar 3. Pengambilan material dari limbah Industri *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant* dari mitra pengabdian kepada Masyarakat

Potensi ketersediaan limbah yang relatif besar ini membuka peluang untuk dilakukan pengelolaan dan pemanfaatan lebih lanjut, khususnya sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan material beton non-struktural, seperti *paving block*, batako, atau elemen pracetak sederhana. Namun demikian, sebelum dimanfaatkan, limbah perlu melalui beberapa tahapan perlakuan khusus guna memastikan mutu dan kesesuaiannya sebagai material konstruksi. Tahapan tersebut meliputi proses pengayakan kembali untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi yang diinginkan, serta pengujian kadar lumpur dan kandungan material halus guna mengetahui tingkat kebersihan agregat.

Selain itu, pengujian tambahan seperti berat jenis, penyerapan air, dan analisis gradasi juga perlu dilakukan untuk memastikan bahwa material hasil olahan memenuhi persyaratan teknis yang berlaku. Dengan pengelolaan yang tepat, limbah dari *Batching Plant* dan AMP tidak hanya dapat mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah secara ekonomi melalui pemanfaatannya sebagai material konstruksi alternatif yang berkelanjutan.

Hasil Perancangan Campuran (*Mix Design*)

Berdasarkan beberapa variasi campuran yang diuji, substitusi agregat alam menggunakan limbah *batching plant* dalam proporsi parsial menunjukkan bahwa kuat tekan beton non-struktural masih berada dalam rentang mutu yang dipersyaratkan untuk aplikasi batako dan *paving block*. Penambahan filler residu AMP dalam persentase terbatas membantu memperbaiki kepadatan campuran dan mengurangi porositas.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa produk batako dan *paving block* memenuhi kategori mutu non-struktural untuk aplikasi dinding pagar dan perkerasan pejalan kaki. Daya serap air berada dalam batas yang masih dapat diterima untuk elemen eksterior dengan perlindungan plesteran atau sistem drainase yang baik.

Temuan ini menunjukkan bahwa secara teknis, limbah industri *batching plant* dan AMP dapat diintegrasikan dalam desain beton non-struktural tanpa mengurangi fungsi utama produk, selama proses pengolahan dan pengendalian mutu dilakukan dengan baik.



Gambar 4. Proses *mix design* material limbah untuk dibuat material *pre-cast* batako, *paving block* dan *pre-cast* saluran drainase maupun irigasi

Hasil Perancangan Dimensi dan Prototipe Produk

Prototipe batako yang dikembangkan memiliki dimensi 40 × 20 × 10 cm dengan dua rongga vertikal di bagian tengah, yang dirancang untuk mengoptimalkan rasio antara berat sendiri, kemudahan pemasangan, dan efisiensi penggunaan material. Setelah melalui proses curing sesuai standar (± 28 hari), elemen batako menunjukkan stabilitas bentuk yang baik tanpa retak susut yang signifikan maupun deformasi tepi. Hal ini mengindikasikan bahwa komposisi campuran berbasis limbah industri—seperti residu *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP)—memiliki karakteristik ikatan yang memadai dan mampu mencapai kekuatan awal serta perkembangan kekuatan yang stabil.



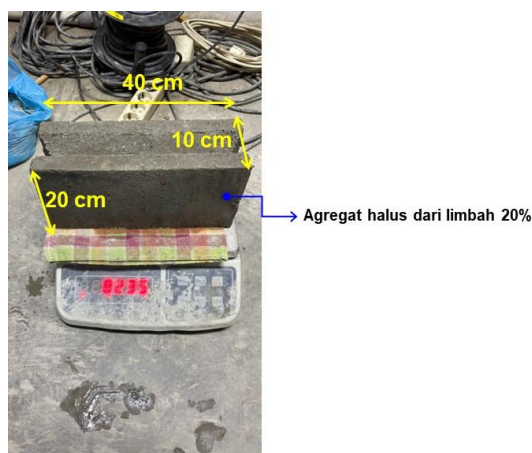
Gambar 5. Proses pembuatan prototipe batako, paving block dan benda uji beton precast saluran

Ketebalan dinding batako sekitar ± 3 cm memberikan keseimbangan optimal antara massa elemen dan kapasitas menahan beban tekan. Dimensi tersebut cukup untuk memastikan distribusi tegangan yang merata pada saat menerima beban aksial, sekaligus tetap mempertahankan bobot yang relatif ringan sehingga memudahkan mobilisasi dan pekerjaan pemasangan di lapangan. Dua rongga vertikal tidak hanya berfungsi mengurangi berat sendiri, tetapi juga memungkinkan integrasi tulangan praktis atau pengisian mortar apabila dibutuhkan peningkatan kapasitas struktural pada kondisi tertentu.

Pada aplikasi batako tersebut dapat diterapkan sebagai dinding pagar, dengan sistem konstruksi dilengkapi dengan *sloof* berukuran 15×20 cm sebagai elemen pondasi memanjang dan kolom praktis berukuran 10×10 cm yang dipasang setiap ± 3 meter. Kombinasi ini secara signifikan meningkatkan kestabilan struktur terhadap beban lateral, seperti tekanan angin maupun getaran ringan. Sistem tersebut membentuk rangka pengaku yang mampu mendistribusikan beban secara lebih efektif ke pondasi, sehingga mengurangi risiko retak vertikal atau keruntuhan lokal pada panel dinding.

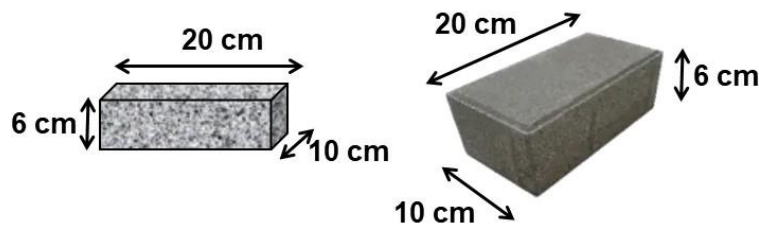
Hasil pengujian kuat tekan terhadap desain prototipe menunjukkan bahwa batako mampu menahan beban lebih dari 10 Mpa, yang mengindikasikan performa mekanik yang sangat baik untuk kategori material non-struktural hingga semi-struktural. Nilai ini memperlihatkan bahwa substitusi sebagian material konvensional dengan limbah industri tidak menurunkan kualitas teknis, bahkan berpotensi menghasilkan produk dengan daya saing yang tinggi.

Secara keseluruhan, hasil tersebut menegaskan bahwa potensi pemanfaatan limbah konstruksi cukup besar dalam penyediaan material infrastruktur, khususnya untuk elemen dinding dan pagar. Selain mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan melalui pengurangan limbah, inovasi ini juga memiliki nilai ekonomi yang potensial, baik dari sisi efisiensi biaya produksi maupun peluang komersialisasi produk sebagai material alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai tambah.



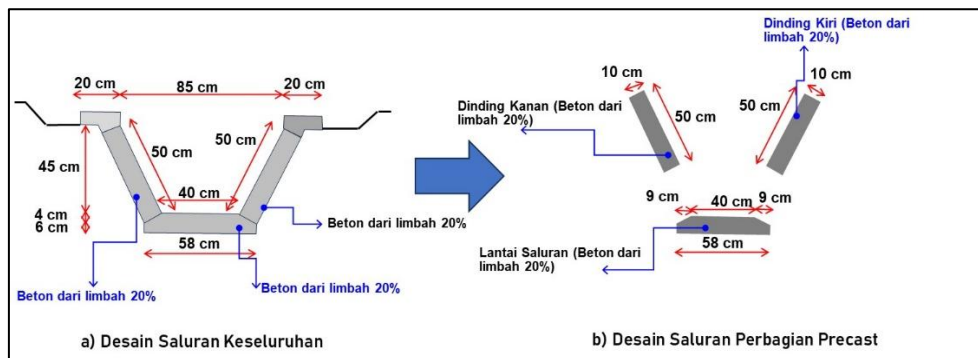
Gambar 6. Desain dimensi Batako dari pemanfaatan limbah Industri *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant*

Paving block dengan dimensi $20 \times 10 \times 6$ cm menunjukkan performa struktural yang baik untuk aplikasi pada area pejalan kaki, trotoar, dan pelataran dengan intensitas beban rendah hingga sedang. Ketebalan 6 cm dinilai cukup untuk menahan beban statis dan dinamis dari aktivitas manusia tanpa mengalami retak atau penurunan signifikan. Sementara itu, untuk area dengan beban kendaraan ringan seperti parkir sepeda motor dan mobil penumpang, direkomendasikan penggunaan *paving block* dengan ketebalan 8 cm guna meningkatkan kapasitas dukung dan ketahanan terhadap deformasi akibat repetisi beban. Sistem pemasangan yang diterapkan di atas lapisan pasir urug sebagai *bedding layer* dan agregat pondasi sebagai *base course* terbukti efektif dalam mendistribusikan beban secara merata ke tanah dasar. Kombinasi lapisan tersebut mampu meminimalkan tegangan terkonsentrasi serta mencegah terjadinya deformasi lokal, penurunan diferensial, maupun kerusakan dini pada elemen perkerasan.



Gambar 7. Desain dimensi *Paving Block* dari pemanfaatan limbah Industri *Batching Plant* dan *Asphalt Mixing Plant*

Pada pengembangan elemen saluran beton pracetak, dimensi lebar dalam 40–85 cm, tinggi 45–60 cm, serta tebal dinding 9–10 cm menunjukkan potensi teknis yang memadai untuk diaplikasikan pada sistem drainase kawasan industri skala kecil hingga menengah. Dimensi tersebut secara hidraulik dan struktural telah mempertimbangkan kapasitas aliran serta stabilitas dinding terhadap tekanan tanah dan beban lalu lintas di sekitarnya. Selain itu, pemanfaatan beton pracetak berbasis limbah industri memberikan alternatif material yang lebih berkelanjutan untuk mendukung pembangunan infrastruktur drainase maupun saluran irigasi dalam program optimasi lahan pertanian.



Gambar 8. Desain konstruksi Pemanfaatan Limbah *Batching Plan* dan AMP untuk saluran drainase dan irigasi tipe beton pre-cast

Dalam kegiatan pengabdian ini, pengembangan beton pracetak untuk saluran baru terealisasi pada tahap desain prototipe berupa gambar teknis dan spesifikasi dimensi. Tahap implementasi fisik belum dilakukan, sehingga luaran saat ini masih berupa rancangan konseptual dan perencanaan teknis. Pada tahap selanjutnya, kegiatan direncanakan akan dilanjutkan dengan pembuatan prototipe langsung serta uji penerapan di lapangan, baik untuk saluran drainase jalan lingkungan maupun saluran irigasi skala kecil. Implementasi ini akan menjadi bagian penting untuk mengevaluasi aspek konstruktabilitas, kemudahan pemasangan, serta kinerja aktual di lapangan.

Permukaan bagian dalam saluran yang relatif halus akibat proses pemadatan menggunakan vibrasi mekanis memberikan keuntungan hidraulik berupa penurunan koefisien kekasaran aliran.

Kondisi ini membantu mengurangi hambatan gesek dan kehilangan energi sepanjang saluran, sehingga kapasitas aliran tetap optimal meskipun menggunakan agregat hasil daur ulang dari limbah industri. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya mendukung prinsip keberlanjutan dan ekonomi sirkular, tetapi juga tetap mempertahankan aspek teknis dan fungsional dalam penyediaan infrastruktur berbasis beton pracetak.

Pembahasan Teknis dan Keberlanjutan

Dari sisi teknis, pemanfaatan limbah sebagai substitusi agregat memberikan dua implikasi utama. Pertama, terdapat sedikit peningkatan kebutuhan air akibat tekstur agregat daur ulang yang lebih kasar dan porous. Kedua, kepadatan campuran dapat ditingkatkan melalui optimasi gradasi dan penggunaan filler AMP secara terbatas. Dengan pengendalian rasio air-semen yang tepat, mutu beton non-struktural tetap dapat dipertahankan.

Dari sisi lingkungan, penerapan desain ini berkontribusi pada pengurangan timbulan limbah industri dan penurunan kebutuhan agregat alam. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *reduce-reuse-recycle* dalam konstruksi berkelanjutan dan mendukung konsep ekonomi sirkular di sektor industri.

Dari sisi kelembagaan, kegiatan bantuan teknis terbukti meningkatkan kapasitas mitra dalam memahami proses karakterisasi material, penyusunan *mix design*, dan mendapatkan gambaran desain konstruksi produk serta pengendalian mutu produk. Mitra tidak hanya memperoleh desain dimensi dan prototipe produk, tetapi juga pemahaman teknis yang memungkinkan replikasi serta pengembangan lebih lanjut secara mandiri.

Secara keseluruhan, hasil kegiatan menunjukkan bahwa desain konstruksi beton non-struktural berbasis limbah *batching plant* dan AMP layak diterapkan untuk dinding pagar, paving block, dan saluran pracetak drainase/irigasi. Implementasi ini memberikan manfaat teknis, ekonomis, dan lingkungan sekaligus memperkuat praktik pembangunan infrastruktur yang lebih berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan bantuan teknis yang dilaksanakan oleh Tim Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera (ITERA) bersama mitra industri berhasil menunjukkan bahwa limbah *batching plant* dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) memiliki potensi teknis dan ekonomis untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam produksi beton non-struktural dan elemen pracetak.

Berdasarkan hasil identifikasi lapangan, limbah yang dihasilkan berupa sisa beton mengeras, slurry pencucian mixer, agregat terkontaminasi semen, dan residu aspal halus tersedia dalam jumlah yang signifikan, yaitu sekitar 1–2 ton per minggu. Setelah melalui proses pengeringan, penghancuran, dan pengayakan, material limbah dapat diolah menjadi agregat daur ulang dengan gradasi yang sesuai untuk substitusi parsial agregat alam. Residu AMP berfungsi efektif sebagai filler yang meningkatkan kepadatan campuran serta mengurangi porositas beton non-struktural.

Hasil perancangan campuran (*mix design*) menunjukkan bahwa substitusi agregat alam dengan limbah industri dalam proporsi tertentu tetap menghasilkan kuat tekan yang memenuhi persyaratan mutu untuk aplikasi batako, *paving block*, dan elemen non-struktural lainnya. Produk batako berukuran 40 × 20 × 10 cm dengan dua rongga vertikal menunjukkan stabilitas bentuk dan performa mekanik yang baik setelah curing 28 hari, dengan kuat tekan yang berada dalam kategori mutu non-struktural hingga semi-struktural. Paving block dimensi 20 × 10 × 6 cm juga menunjukkan performa yang memadai untuk aplikasi pejalan kaki dan pelataran beban ringan, dengan rekomendasi peningkatan ketebalan menjadi 8 cm untuk beban kendaraan ringan.

Pada aspek desain infrastruktur, pengembangan elemen saluran beton pracetak dengan dimensi lebar 40–85 cm dan tinggi 45–60 cm secara konseptual memenuhi pertimbangan hidraulik dan struktural untuk sistem drainase kawasan industri skala kecil hingga menengah. Meskipun implementasi fisik saluran pracetak masih pada tahap desain prototipe, hasil perencanaan teknis menunjukkan kelayakan untuk dikembangkan lebih lanjut pada tahap produksi dan uji lapangan.

Secara keseluruhan, kegiatan ini tidak hanya menghasilkan luaran teknis berupa desain campuran dan prototipe produk, tetapi juga meningkatkan kapasitas mitra dalam pengelolaan limbah berbasis prinsip ekonomi sirkular dan infrastruktur berkelanjutan. Pemanfaatan limbah *batching plant* dan AMP terbukti dapat mengurangi beban lingkungan, menekan ketergantungan terhadap agregat

alam, serta membuka peluang nilai tambah ekonomi melalui produksi material konstruksi alternatif yang ramah lingkungan dan kompetitif di pasar.

Berdasarkan hasil kegiatan tersebut, tema kegiatan selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi skala pilot dan evaluasi kinerja jangka panjang produk konstruksi berbasis limbah industri, khususnya melalui uji lapangan (*field performance test*) pada lingkungan operasional kawasan industri. Kegiatan lanjutan dapat difokuskan pada kajian durabilitas beton non-struktural berbahan limbah terhadap siklus basah–kering, abrasi, serta paparan lingkungan agresif, termasuk analisis umur layan (*service life analysis*) dan studi kelayakan ekonomi secara komprehensif (*life cycle cost analysis*). Selain itu, pengembangan standar operasional produksi dan pengendalian mutu (*quality control*) agregat daur ulang juga menjadi tema strategis guna memastikan konsistensi mutu produk. Pada aspek infrastruktur, kegiatan berikutnya dapat diarahkan pada konstruksi dan monitoring prototipe saluran beton pracetak di lapangan untuk mengevaluasi kinerja hidraulik dan struktural secara aktual. Dengan demikian, tema pengabdian atau penelitian lanjutan tidak hanya berfokus pada tahap perancangan, tetapi meningkat ke tahap validasi implementatif dan model bisnis ekonomi sirkular berbasis limbah konstruksi yang berkelanjutan dan aplikatif di sektor industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mitra Program Kemitraan Masyarakat (PKM), yaitu PT. Tri Citra Perdana, atas kerja sama, dukungan fasilitas, serta keterbukaan dalam proses pendampingan teknis dan implementasi kegiatan bantuan perancangan konstruksi beton non-struktural berbasis pemanfaatan limbah industri. Partisipasi aktif dan komitmen mitra dalam menyediakan data, akses lapangan, serta dukungan operasional menjadi faktor penting dalam keberhasilan kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera (ITERA) yang telah berkontribusi dalam proses survei lapangan, pengolahan material, penyusunan desain campuran, pembuatan prototipe, serta pengujian teknis. Keterlibatan mahasiswa tidak hanya mendukung kelancaran kegiatan, tetapi juga memperkuat integrasi antara pembelajaran akademik dan implementasi langsung di lapangan. Semoga kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri ini dapat terus berlanjut serta memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada pengelolaan limbah yang bertanggung jawab.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI committee 318. (2011). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318M-11). In *American Concrete Institute, Farmington Hills, MI*.
- ASTM C33/C33M Standard Specification for Concrete Aggregates, American Society for Testing and Materials (2023).
- Badan Standarisasi Nasional. (1989). SNI 03-0349-1989 Spesifikasi Bata beton untuk pasangan dinding. *Sni 03-0349-1989*, (1).
- Berardi, U. (2013). Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. *Intelligent Buildings International*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/17508975.2012.756388>
- Ding, T., Xiao, J., & Tam, V. W. Y. (2016). A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China. *Waste Management*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.031>
- Fanella, D. (2020). Design Guide on the ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete. *Concrete Reinforcing Steel Institute*.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Huang, B., Shu, X., & Li, G. (2005). Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements. *Cement and Concrete Research*, 35(10). <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.05.002>
- Jaina, F. N., & Arifin, T. S. P. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis 7 (Nylon) Sebagai Bahan Tambah Pada Bata Beton (Paving Block). *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Sipil*, 7.

- Karunasena, G., Gurmu, A., Shooshtarian, S., Udawatta, N., Savindi Ranthika Perera, C., & Maqsood, T. (2025). Effect of construction defects on construction and demolition waste management in building construction: a systematic literature review. In *Integrated Environmental Assessment and Management* (Vol. 21, Number 2). <https://doi.org/10.1093/inteam/vjae026>
- Kaselle, H., Allo, R. B., Wijaya, R., Astutiningsih, S., Baku, B., Shotcrete, P., Limbah, P., Nikel, L., Dampak, M., Lingkungan, P., Tanjung, A. A., Gonzales, R., Seprianti, A., Izati, R., Olivia, M., Tata, A., Ikbal, M., Amir Sultan, M., Darwis, F., ... Izati, R. (2021). SNI 03-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding. *Jurnal Pondasi*, 7(2).
- Katz, A. (2003). Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. *Cement and Concrete Research*, 33(5). [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)01033-5](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01033-5)
- Kaza, Silpa., Yao, L. C., Bhada-Tata, Perinaz., & Van Woerden, Frank. (2018). What a Waste 2.0 What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank. *What a Waste 2.0*.
- Komastka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2003). Design and Control of Concrete Mixtures. Preface and Acknowledgments. *Construction*.
- Kou, S. C., & Poon, C. S. (2009). Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 31(9). <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.06.005>
- Lu, W., & Yuan, H. (2010). Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.010>
- Maini, M., Kurniawan, R., Susanti, J. E., Syuhada, S., Kiranatri, A. H., Tambunan, H. F., Ekaputra, R. A., Utami, E. T., Prayogi, G. R., Aprilia, A. S., & Ilpandari, I. (2024). Pendampingan Penyusunan DED Rumah Produksi Bersama Sentra IKM Olahan Hasil Laut untuk UMKM Kota Pangkalpinang Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(3), 2288–2300. <https://doi.org/10.33379/icom.v4i3.5366>
- Mehta, P Kumar. Monteiro, P. J. M. (2006). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, Fourth Edition. In *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, Fourth Edition*.
- Ofori, G. (2015). Nature of the Construction Industry, Its Needs and Its Development. *Journal of Construction in Developing Countries*, 20(2).
- Poon, C. S., Yu, A. T. W., & Ng, L. H. (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling*, 32(2). [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00052-0)
- Sahu, A., Kumar, S., Srivastava, A. K. L., & Pratap, B. (2024). Performance of recycled aggregate concrete using copper slag as fine aggregate. *Journal of Building Engineering*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108364>
- Siddique, R., & Naik, T. R. (2004). Properties of concrete containing scrap-tire rubber - An overview. *Waste Management*, 24(6). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.01.006>
- Silva, R. V., De Brito, J., & Dhir, R. K. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.117>
- Tam, V. W. Y. (2008). On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction. *Waste Management*, 28(6). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.04.007>
- Tam, V. W. Y. (2009). Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. *Journal of Cleaner Production*, 17(7). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.11.015>
- Tippa, Ar. C., & Amodekar, K. (2024). Working towards a Green Economy – Meaning, Measures, Policies & Implementation. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 12(08). <https://doi.org/10.18535/ijrm/v12i08.em18>
- Yudi, A., Fathurrahman, A., Apriwelni, S., P, K., Rahma, S., & Maini, M. (2024). Bantuan Teknis Perencanaan Pembangunan Tahap II Masjid Nurul Ikhwan di Desa Way Huwi Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 2(8), 3398–3408. <https://doi.org/https://doi.org/10.59837/jpmba.v2i8.1479>