

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI LUMPUR TINJA KERING TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK

Atik Wahyuni^{1*}, Budwi Harsono², Diah Ayu Restuti Wulandari³

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl.Raya Gelam No.250,Candi, Sidoarjo

^{1*}Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala, Jl. Dinoyo No.42-44, Keputran, Surabaya

e-mail: atikwahyuni@umsida.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl.Raya Gelam No.250,Candi, Sidoarjo

e-mail: budwiharsono@umsida.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember, Jalan Kalimantan No. 37, Jember

e-mail: diahwulandari@unej.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan lumpur tinja sebagai bahan bangunan merupakan salah satu upaya inovatif dalam mendukung pengelolaan limbah berkelanjutan dan pengurangan ketergantungan terhadap material alam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan lumpur tinja kering sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan dan sifat fisik paving block. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan percobaan di laboratorium dengan variasi substitusi lumpur tinja kering sebesar 0%, 10%, 30%, dan 50% terhadap berat agregat halus. Setiap variasi dibuat tiga ulangan dan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Pengujian meliputi kuat tekan, berat jenis, dan daya serap air sesuai standar SNI 03-0691-1996.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lumpur tinja kering berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan dan peningkatan daya serap air paving block. Namun, pada variasi 10% kuat tekan yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI untuk mutu paving block kelas D (≥ 10 MPa). Semakin besar kadar lumpur tinja yang digunakan, nilai kuat tekan cenderung menurun akibat meningkatnya porositas dan menurunnya ikatan antar partikel. Dengan demikian, lumpur tinja kering yang diolah berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan substitusi agregat halus hingga kadar optimum kurang dari 10% supaya tidak mengurangi kualitas secara signifikan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan material konstruksi ramah lingkungan dari limbah domestik.

Kata kunci: lumpur tinja, paving block, agregat halus, kuat tekan, material ramah lingkungan.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat di berbagai wilayah Indonesia berdampak pada meningkatnya volume limbah domestik, termasuk lumpur tinja hasil pengolahan instalasi pengelolaan air limbah (IPAL). Lumpur tinja pada umumnya masih dianggap sebagai limbah berbahaya karena kandungan organik yang tinggi serta potensi pencemaran terhadap lingkungan dan sumber air. Padahal, apabila diolah dengan baik melalui proses stabilisasi, pengeringan, dan sterilisasi, lumpur tinja dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku alternatif, termasuk untuk material konstruksi non-struktural seperti paving block.

Lumpur tinja kering merupakan limbah padat hasil pengolahan limbah domestik yang memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan paving block. Pemanfaatan lumpur tinja kering sebagai campuran paving block bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari limbah tinja serta menciptakan produk konstruksi yang ramah lingkungan dan ekonomis. Selain itu, penggunaan lumpur tinja kering juga dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik paving block, seperti daya tahan dan kepadatan, sehingga memberikan nilai tambah pada material yang dihasilkan. Pendekatan ini sejalan dengan upaya pengembangan teknologi ramah lingkungan dan pengelolaan limbah berkelanjutan.

Paving block merupakan salah satu produk beton pracetak yang banyak digunakan untuk perkerasan jalan lingkungan, halaman, dan area pejalan kaki. Material penyusunnya terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar, dan air. Namun, ketersediaan pasir alam sebagai agregat halus semakin berkurang akibat penambangan berlebihan, yang menimbulkan dampak lingkungan seperti erosi dan kerusakan ekosistem sungai. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif bahan pengganti pasir yang lebih ramah lingkungan dan mudah didapat.

Pemanfaatan lumpur tinja kering sebagai pengganti sebagian agregat halus diharapkan dapat menjadi solusi ganda, yaitu mengurangi limbah dan menyediakan material alternatif yang berkelanjutan. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan lumpur tinja yang telah mengalami proses termal dapat meningkatkan kemampuan

ikatan partikel semen karena sifat pozzolaniknya. Namun, penggunaan dalam proporsi yang berlebihan dapat menurunkan kuat tekan akibat meningkatnya porositas campuran.

2. LATAR BELAKANG

Peningkatan jumlah penduduk di perkotaan berdampak langsung terhadap meningkatnya produksi limbah domestik, termasuk lumpur tinja hasil dari sistem sanitasi maupun instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Penanganan lumpur tinja masih menjadi tantangan besar di berbagai daerah, karena apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran air tanah, udara, dan lingkungan sekitar. Di sisi lain, pengelolaan lumpur tinja yang tepat justru berpotensi memberikan nilai tambah melalui pemanfaatannya sebagai bahan baku alternatif pada bidang konstruksi.

Salah satu upaya inovatif dalam pengelolaan limbah adalah dengan memanfaatkan **lumpur tinja kering** sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus (pasir) pada **paving block**. Paving block merupakan material beton pracetak yang banyak digunakan untuk perkerasan jalan lingkungan, trotoar, halaman, dan area parkir. Material ini umumnya terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Namun, ketersediaan agregat halus dari pasir alam semakin menurun akibat tingginya tingkat penambangan yang tidak terkendali. Aktivitas penambangan pasir berlebihan menimbulkan dampak lingkungan serius seperti erosi, kerusakan ekosistem sungai, dan berkurangnya daya dukung lingkungan.

Pemanfaatan lumpur tinja kering sebagai bahan pengganti sebagian pasir dapat menjadi solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Lumpur tinja kering yang telah melalui proses pengolahan (seperti dewatering, pengeringan, dan sterilisasi) mengandung partikel halus dan senyawa silika serta alumina yang berpotensi bersifat **pozzolanik**, sehingga dapat membantu proses ikatan pada campuran semen. Namun demikian, kandungan organik dan porositas lumpur tinja yang tinggi juga dapat memengaruhi kekuatan mekanik beton. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan kadar substitusi lumpur tinja yang tepat agar mutu paving block tetap memenuhi standar yang berlaku.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk **menganalisis pengaruh substitusi agregat halus oleh lumpur tinja kering terhadap kuat tekan dan sifat fisik paving block**. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material konstruksi yang ramah lingkungan serta mendukung penerapan konsep **circular economy** di bidang pengelolaan limbah domestik.

3. METODE

Metode pembuatan campuran paving block dengan campuran lumpur tinja kering menggunakan pendekatan eksperimental atau percobaan di laboratorium dengan tahapan sebagai berikut:

a. Persiapan Bahan

Lumpur tinja kering diperoleh dari proses pengolahan limbah dan dikeringkan hingga kadar air rendah. Lumpur ini dihaluskan dan disaring agar sesuai ukuran partikel agregat halus. Bahan lain seperti semen, pasir, agregat kasar, dan air disiapkan untuk dicampur.



Gambar. 1 Bongkahan Lumpur Tinja Kering dan Lumpur Tinja Kering Yang Sudah di Hancurkan

b. Perencanaan Komposisi Campuran

Material yang digunakan dalam pembuatan paving block elain lumpur tinja kering juga ditambahkan semen, agregat halus dan juga air sebagai bahan campuran, variasi campuran dibuat dengan persentase lumpur tinja berbeda sebagai pengganti sebagian pasir dengan komposisi 10%, 30% dan 50% dari berat total bahan campuran dan juga bahan tambahan aditif sebesar 5% dari berat campuran.

c. Pembuatan Sampel

Material paving block dicampur sampai merata, kemudian dicetak manual dengan ukuran standar 10x20x6 cm. Setelah pencetakan, sampel paving block dikeringkan selama 3 hari dan dilakukan perendaman selama 3, 14 dan 28 hari agar pengerasan optimal (total curing 28 hari).

d. Pengujian Kualitas

Setelah curing, paving block diuji untuk kekuatan tekan sesuai standar nasional SNI 03-0691-1996.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996 mengatur tentang persyaratan mutu, bahan, ukuran, serta pengujian bata beton (paving block) sebagai bahan bangunan untuk perkerasan jalan dan area terbuka. Berdasarkan isi standar tersebut, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

a. Bahan Penyusun

Paving block dibuat dari campuran semen Portland, agregat halus dan kasar, serta air bersih, dengan atau tanpa bahan tambahan tertentu. Semua bahan harus memenuhi mutu yang dipersyaratkan agar menghasilkan produk dengan kekuatan dan daya tahan yang baik.

b. Syarat Fisik dan Mekanik

Paving block harus memenuhi ketentuan kuat tekan minimum sesuai kelas mutu penggunaannya, yaitu:

- Kelas A: ≥ 40 MPa — untuk jalan dengan beban kendaraan berat.
- Kelas B: ≥ 20 MPa — untuk jalan dengan beban kendaraan ringan.
- Kelas C: ≥ 15 MPa — untuk area pejalan kaki, taman, dan halaman.
- Kelas D: ≥ 10 MPa — untuk area terbatas, seperti taman rumah.

c. Bentuk, Ukuran, dan Toleransi Dimensi

Paving block dapat berbentuk persegi, persegi panjang, segi enam, atau bentuk lain dengan sambungan antar-bidang yang baik. Toleransi ukuran maksimal yang diperbolehkan adalah ± 3 mm untuk panjang/lebar dan ± 5 mm untuk tebal.

d. Kualitas Permukaan

Permukaan paving block harus rata, tidak retak, tidak cacat, dan tidak menunjukkan segregasi material. Warna dan tekstur harus seragam pada satu batch produksi

Pembuatan Sampel

Uji saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butiran (gradasi) dari lumpur tinja yang telah dikeringkan. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah material tersebut memenuhi karakteristik agregat halus sesuai standar (SNI 03-1968-1990 atau ASTM C136) dan layak digunakan sebagai substitusi pasir pada campuran paving block.

Gradasi agregat merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kekuatan, kelecakan (workability), dan kepadatan campuran beton. Partikel halus yang terlalu dominan dapat meningkatkan kebutuhan air dan menurunkan kekuatan tekan, sedangkan distribusi ukuran yang baik akan mengisi rongga antar partikel dengan lebih efisien. Pada penelitian ini, lumpur tinja terolah (dari proses dewatering dan pengeringan) berfungsi sebagai pengganti sebagian agregat halus, sehingga perlu diketahui proporsi butiran halus yang lolos dari berbagai ukuran saringan standar.

Tabel 20. Gradasi Lumpur Tinja Kering

Uji Saringan Lumpur Tinja Kering				
No	Ukuran saringan	Berat sample	Saringan Tertahan	Saringan Lolos
1	*3/8	0,807	27,0	73,0
2	8	1,119	37,4	62,6
3	10	0,13	4,3	95,7
4	12	0,133	4,4	95,6
5	16	0,147	4,9	95,1
6	30	0,279	9,3	90,7
7	40	0,064	2,1	97,9
8	50	0,081	2,7	97,3
9	100	0,13	4,3	95,7
10	200	0,06	2,0	98,0
11	PAN	0,044	1,5	0,0
Total Berat		2,994	100,0	

Perhitungan Volume Paving

Bentuk paving, direncanakan menggunakan cetakan persegi panjang dengan Dimensi cetakan paving, Panjang 20 cm, Lebar 10 cm dan tinggi 6 cm.

Dengan menggunakan faktor air semen 0,5 maka didapatkan kebutuhan komposisi bahan penyusun paving sebesar:

Volume 1,2 liter = 0,012 m³, $\gamma = 2,2$ kg/l

Berat 1 paving = $1,2 \times 2,2 = 2,64$ kg

Dengan menggunakan perbandingan 1:3 (1 semen, 3 pasir) didapatkan berat:

$$\text{Semen} = \frac{1}{(1+3)} \times 2,64 = 0,66 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = \frac{3}{(1 + 3)} \times 2,64 = 1,98 \text{ kg}$$

Tabel 21 Uji Tekan Paving Lumpur Tinja Kering dengan Tambahan Zat Aditif 5%

Hasil Uji Tekan Paving Adiktif						
Kode Sampel	Umur	Luas Bidang	Berat Sampel	KN	Kg/cm2	Mpa
VAR A	7 Hari	210	2,625 kg	506,8	243,98	20,25
VAR A	14 Hari	210	2,723 kg	557,9	268,58	22,29
VAR A	28 Hari	210	2,723 kg	565,3	272,14	22,59
VAR B	7 Hari	210	2,034 kg	19,2	9,24	0,77
VAR B	14 Hari	210	2,110 kg	12,1	5,83	0,48
VAR B	28 Hari	210	2,271 kg	16,7	8,04	0,67
VAR C	7 Hari	210	2,167 kg	27,3	13,14	1,09
VAR C	14 Hari	210	2,270 kg	21,7	10,45	0,87
VAR C	28 Hari	210	2,365 kg	23,4	11,27	0,94
VAR D	7 Hari	210	2,438 kg	164	78,95	6,55
VAR D	14 Hari	210	2,514 kg	166,1	79,96	6,64
VAR D	28 Hari	210	2,531 kg	140	67,40	5,59

5. KESIMPULAN

Penambahan zat aditif berupa produk pengeras beton yang dapat mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan

kualitas beton, dan membuatnya kedap air secara permanen pada campuran paving sebesar 0,5% dari berat semen masih belum bisa menaikkan mutu beton sesuai dengan target mutu beton yang di inginkan (K-300). Pada komposisi campuran paving ini tertinggi di Var A tanpa menggunakan campuran lumpur tinja dengan mutu beton K-250 atau mutu paving grade B.

DAFTAR PUSTAKA

Atik Wahyuni, dkk (2024), *Preloved Clothes Fiber, As a Filler Material for Flexible Pavement*, *The Spirit of society Journal*, Vol 8 No 1: September 2024

Andini, dkk (2024), Inovasi Pemanfaatan Limbah Sampah Menjadi Paving Block di Desa Kalanganyar Sidoarjo, *Nusantara Community Empowerment Review*, NCER 2024; 2(2): 37-42

Chica Octavia, dkk (2023), Investigasi Pemanfaatan Tanah Lempung Dan Abu Ampas Tebu Untuk Pembuatan Paving Block, *Tapak* Vol.13 No. 1, November 2023.

Dahlia Patah, dkk (2024), Produksi Paving Block Ramah Lingkungan Menggunakan Candlenut Shells (CNS) Sebagai Pengganti Sebagian Abu Batu, *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 8 No. 1 April 2024

Fairuz Zabadi, dkk (2023), Analysis Of Compressive Strength Paving Blocks With The Addition Of Coconut Fiber And Superplasticizer Liquid, *Journal Inovation of Civil Engineering*, Vol. 4, No. 2, pp. 156-167, 2023

Hanifah Hasnur, dkk (2023), Perbandingan Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Normal Dengan Paving Block Variasi Campuran Polystyrene, *Jurnal Bangunan; Kontruksi & Desain*, Vol.1 No.1 Mei 2023

Haudia Hayasa, dkk (2021), Potensi Pemanfaatan Ulang Sampah Plastik Menjadi Eco- Paving Block *Jurnal Jaring SainTek (JJST)*, Vol.3, No.1, April 2021, pp. 25-31

Mustakim, dkk (2023), Paving Block Tanpa Semen Berbahan Limbah Plastik, *Jurnal Teknik Sipil Cendekia* Vol 4 No 2 (2023), July 2023, pp. 595-604

Mulyati, dkk (2024), Penggunaan Pasir Silika Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block, *Jurnal Teknologi dan Vokasi* Vol. 2 No. 1 Januari 2024

Riana H, dkk (2023), Laboratory Innovation to Investigate Concrete Paving Block Compressive Strength *Civil Engineering Journal*, Vol. 9, No. 11, November, 2023