

Penggunaan Limbah Masker Sebagai Campuran Bahan Pembuatan Paving Block

Farhan Dwi Yudistira¹, Annisa*², Ilham³

^{1,3} Institut Teknologi Sains Bandung

^{*2} Universitas Pakuan

*e-mail: annisa@unpak.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menyoroti masalah yang berkaitan dengan peningkatan jumlah limbah masker akibat pandemi COVID-19 yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan. Limbah masker mengandung serat plastik yang memerlukan waktu sangat lama untuk terurai, dan bahkan dalam kondisi pasca-pandemi, jumlah limbah masker terus meningkat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kemungkinan pemanfaatan limbah masker sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*, dengan fokus pada aspek kualitas dan kategori berdasarkan standar SNI 03-06910-1996. Metode penelitian melibatkan sterilisasi limbah masker, pengeringan, pemotongan, pencampuran dengan semen dan pasir, serta pencetakan *paving block*. Variasi campuran limbah masker yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari volume *paving block*. Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen, termasuk uji *non-destructive* dan *destructive* setelah perawatan selama 28 hari. Hasil pengujian *destructive* menunjukkan bahwa penambahan limbah masker pada *paving block* berdampak signifikan terhadap penurunan kuat tekan, dengan nilai rata-rata menurun seiring dengan peningkatan persentase campuran masker. Pengujian *non-destructive* mengungkap bahwa campuran masker tidak memperbaiki kerataan permukaan dan densitas *paving block*, serta meningkatkan penyerapan air. Selain itu, pengujian infiltrasi menunjukkan kegagalan karena hambatan mencapai 100%. Berdasarkan standar SNI 03-0691-1996, campuran 0% memenuhi kriteria kualitas kategori A yang cocok untuk perkerasan jalan. Sementara itu, campuran 5%, 10%, dan 15% termasuk dalam kategori kualitas B yang lebih cocok untuk penggunaan pada area parkir mobil. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah masker berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan campuran *paving block*, dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap kualitas dan kategori sesuai standar dan dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan untuk mengelola limbah masker dan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkannya.

Kata kunci : Kuat tekan; Limbah masker; Paving block

ABSTRACT

This research highlights the problems associated with the increasing amount of mask waste due to the COVID-19 pandemic which has a significant impact on the environment. Mask waste contains plastic fibers which take a very long time to decompose, and even in post-pandemic conditions, the amount of mask waste continues to increase. Therefore, this research aims to explore the possibility of using mask waste as a mixed material in producing paving blocks, with a focus on quality aspects and categories based on SNI 03-06910-1996 standards. The research method involves sterilizing mask waste, drying, cutting, mixing with cement and sand, and printing paving blocks. The variations in the mask waste mixture used are 0%, 5%, 10% and 15% of the paving block volume. Testing was carried out using experimental methods, including non-destructive and destructive tests after treatment for 28 days. Destructive tests show that the addition of mask waste to paving blocks has a significant impact on reducing compressive strength, with the average value decreasing as the percentage of mask mixture increases. Non-destructive testing revealed that the mask mixture does not improve the surface flatness and density of the paving blocks, as well as increasing water absorption. In addition, the infiltration tests show failure because the resistance reached 100%. Based on the SNI 03-0691-1996 standard, the 0% mixture meets the category A quality criteria which is suitable for road pavement. Meanwhile, the 5%, 10%, and 15% mixtures are included in the B quality category which is more suitable for use in car parking areas. This research figures out the potential use of mask waste in producing paving block, concerning the impact on quality and category according to standards and may become a sustainable alternative for managing mask waste and reducing the environmental impact it causes.

Keywords : Compressive strength; Mask waste; Paving block

1. Pendahuluan

Selama tahun 2020-2022 dunia merasakan pandemi, menyebabkan masyarakat melakukan tindakan preventif untuk mencegah serangan virus Covid-19 dengan menggunakan masker yang harus diganti secara berkala. Selesai masa pandemi Covid-19 timbul masalah baru yaitu banyaknya limbah masker bekas baik di tempat sampah maupun di tempat lain yang mencemari lingkungan. Meningkatnya limbah masker medis dapat

menyebabkan kerusakan lingkungan dan berkontribusi terhadap penyebaran penyakit (Syafei et al., 2023). Organisasi nirlaba *Oceans Asia Mask on the Beach* merilis laporan tahunan yang menggunakan data pengamatan laut untuk menemukan bahwa diperkirakan ada 1,6 miliar masker sekali pakai di lautan pada tahun 2020. Laporan tersebut juga mengungkapkan bahwa tumpukan masker medis dan N95- masker diperkirakan melepaskan sekitar 1,6 miliar masker sekali pakai dari 4.680 menjadi 6.240 ton sampah plastik ke lautan. Ini

setara dengan 7 persen dari tambalan sampah besar pasifik. Salah satu alternatif untuk mendaur ulang limbah masker polipropilena adalah dengan memanfaatkannya sebagai serat tambahan untuk produksi *paving block*. Berdasarkan penelitian terdahulu (Ariful, 2022; Damayanti & Khatulistiani, 2022; FR et al., 2018; Haslinda et al., 2020; Hayni et al., 2020; Kusuma, 2012; L.H. Pasaribu et al., 2020; Nurhayati, 2020; Rifai et al., 2019; Utami et al., 2023; Wibowo et al., 2022), penambahan serat pada *paving block* berpengaruh kepada nilai kuat tekan, penyerapan air, infiltrasi dan massa jenis. Dalam industri konstruksi, *paving block* sering dipakai sebagai alternatif pilihan lapisan perkerasan permukaan tanah (Fadare & Okoffo, 2020). Perawatan yang relatif murah, pemasangan mudah, dan pemenuhan kebutuhan estetika sehingga penggunaan *paving block* lebih sering digunakan. *Paving block* umumnya dipakai di area pedestrian dan area khusus semacam pelabuhan peti kemas, tempat parkir, kawasan industri dan ruang terbuka (Adibroto, 2014).

Dalam literatur sebelumnya, telah diidentifikasi empat kategori kualitas *paving block* yang diklasifikasikan berdasarkan penggunaannya (Barkiah & Yasin, 2020; Hayni et al., 2020). Penelitian ini memfokuskan perhatiannya pada pertanyaan yang lebih spesifik, yaitu bagaimana *paving block* dapat diklasifikasikan ketika bahan campuran yang digunakan adalah limbah masker polipropilena (Wibowo et al., 2022). Salah satu kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada kebaruan, yang termanifestasi dalam pemahaman mendalam tentang bagaimana perubahan sumber limbah masker dan variasi persentase campuran dapat berdampak signifikan pada karakteristik *paving block*. Penelitian ini membuka perspektif baru terkait fleksibilitas penggunaan limbah masker dalam konstruksi material berbasis *paving block*.

2. Metode Penelitian

2.1. Pembuatan paving block

Objek penelitian ini yaitu produk *paving block* yang dalam pembuatannya dicampurkan dengan limbah masker yang sudah dibersihkan, dijemur dan dipotong, kemudian diuji menggunakan dua jenis pengujian, yaitu: (1) pengujian *destructive* dan (2) pengujian *non-destructive*. Pengujian *destructive* terdiri dari uji kuat tekan sedangkan uji *non-destructive* terdiri dari uji tampak, uji infiltrasi, uji densitas, dan uji penyerapan air. Kemudian dilakukan rancangan pengujian dengan jumlah sampel pada Tabel 1 yang berbeda pada masing-masing pengujian.

Tabel 1. Jumlah sampel yang diuji

Jenis Uji	Banyak Sampel*	Umur Pengujian		
		7	14	28
Uji Kuat Tekan	36	12	12	12
Uji Densitas	36	12	12	12
Uji Penyerapan Air	4			4
Uji Infiltrasi	4			4
Uji Tampak	12			12
	$\Sigma = 92$			

*)Rencana pengujian, 2023

Ilustrasi pada Gambar 1 memperlihatkan proses pembuatan *paving block* menggunakan limbah masker di Kabupaten Bekasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi empat tipe *paving block* (P1, P2, P3, P4), dengan masing-masing tipe bahan uji yang dibuat maksimal sebanyak tiga sampel *paving block*. Proses pembuatan sampel dilakukan mulai bulan September 2022 hingga Maret 2023, dengan lokasi pembuatan terletak di Jl. KH. R. Ma'mun Nawawi No.88, Sukaragam, Kec. Serang Baru, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17330.

Selain lokasi pembuatan, pengujian sampel dilakukan di dua lokasi yang berbeda. Pertama, pengujian kuat tekan dilaksanakan di Pasirsari, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530. Kedua, pengujian *non-destructive* dilakukan di Lab Central Wika, Jayamukti, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530. Penyelenggaraan pengujian di dua lokasi yang berbeda dilakukan dikarenakan keterbatasan pengujian pada masing-masing tempat.

Melalui rancangan eksperimental ini, diharapkan dapat memberikan analisis mendalam terkait dampak yang ditimbulkan oleh penggunaan limbah masker sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman tentang kinerja dan karakteristik *paving block* yang melibatkan limbah masker sebagai komponen bahan.



Gambar 1. Dokumentasi pembuatan *paving block*

2.2. Rancangan Benda Uji

Sampel penelitian ini berupa *paving block* dengan dimensi standar dipasaran yaitu 21 cm×10 cm× 6 cm. Setiap sampel memiliki campuran berbeda. Pada Tabel 2 benda uji dibagi menjadi empat kadar campuran masker yaitu: (P1) komposisi *paving block* tanpa campuran masker; (P2) komposisi *paving block* dengan campuran masker 5%; (P3) komposisi *paving block* dengan campuran masker 10%; dan (P4) komposisi *paving block* dengan campuran masker 15%.

Tabel 2. Komposisi *paving block*

Perbandingan 1.25 Pc: 2.5 Psr*	Volume: 21 cm×10 cm× 6 cm = 1260 cm ³			
Komposisi/Tipe	P1 (0%)	P2 (5%)	P3 (10%)	P4 (15%)
Semen (cm ³)	420	399	378	357
Pasir (cm ³)	840	798	756	714
Masker (cm ³)	0	63	126	189

*) SNI 03-0691-1996

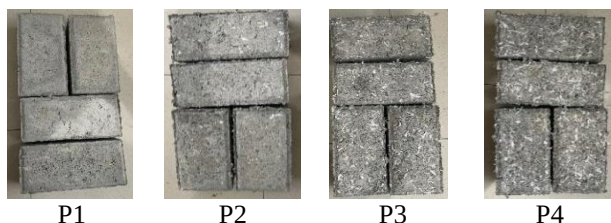
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Tampak

Campuran P1 dengan keberadaan limbah masker sebanyak 0% menunjukkan permukaan yang homogen dan sedikit cacat, dengan retakan yang minim dan kekokohan pada bagian sudutnya. Sebaliknya, pada

Gambar 2, P2 yang mengandung limbah masker sebanyak 5% menampilkan permukaan yang agak kasar, ditandai dengan adanya retakan, dan kekokohan pada bagian sudut. Penyebab dari fenomena ini adalah tingkat intensitas limbah masker pada komposisi yang relatif rendah. Campuran dengan limbah masker sebanyak 10% menunjukkan permukaan yang tidak homogen, adanya retakan, dan kerentanan pada bagian sudut, dengan terlihatnya serat-serat dari masker yang menyusup ke permukaan *paving block*.

Dalam campuran dengan limbah masker, dominasi pasir dan semen pada *paving block* menciptakan warna yang semakin terang, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2 dengan adanya corak putih yang dihasilkan oleh potongan-potongan limbah masker. Meskipun kondisi fisik *paving block* menunjukkan permukaan yang agak kasar, uji penekanan permukaan sampel menunjukkan kekokohan dan ketahanan yang baik, tanpa adanya tanda-tanda kelemahan atau cacat pada material, kecuali pada campuran masker sebanyak 15%, di mana mulai terlihat adanya retakan pada sudutnya. Kesimpulan yang dapat diambil adalah semakin tinggi proporsi campuran limbah masker, semakin banyak retakan yang muncul pada sampel *paving block*.



Gambar 2. Hasil uji tampak P1, P2, P3, P4

3.2. Uji Densitas

Densitas atau massa jenis *paving block* merupakan parameter yang dipengaruhi oleh tingkat kepadatan sampel *paving block*. Pengujian densitas pada *paving block* dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan memahami karakteristik dasar dari material tersebut. Hasil pengujian densitas *paving block* dapat ditemukan dalam Tabel 3, yang menyajikan data hasil uji densitas sebagai landasan untuk analisis dan interpretasi lebih lanjut.

Tabel 3. Uji densitas

Tipe Paving Block	Densitas (kg/m ³) *
P1 (Campuran masker 0%)	2.605,56
P2 (Campuran masker 5%)	2.527,78
P3 (Campuran masker 10%)	2.086,11
P4 (Campuran masker 15%)	2.097,22

*) Hasil pengujian, 2023

Dalam analisis densitas pada sampel *paving block*, teramati bahwa sampel dengan campuran masker sebanyak 0% menunjukkan nilai densitas yang paling tinggi, sementara sampel dengan persentase limbah masker sebanyak 15% menunjukkan nilai densitas yang lebih rendah. Penurunan densitas secara umum dapat ditemukan pada berbagai persentase campuran masker, sebagaimana tergambarkan dalam Tabel 3. Penurunan yang mencolok tampak pada campuran P3 dengan

penambahan limbah masker sebanyak 10%, yang menyebabkan penurunan densitas sebanyak 10%.

Tabel 3 menyajikan data bahwa densitas tertinggi dicapai pada campuran P1, yaitu *paving block* tanpa campuran limbah masker, dengan nilai sebesar 2.605,56 kg/m³. Sebaliknya, densitas terendah tercatat pada campuran P3 dengan penambahan limbah masker sebanyak 10%. Pengamatan ulang menunjukkan bahwa perbedaan densitas antara campuran masker sebanyak 5% dan 10% mengalami penurunan mencapai 17,5%, yang jauh lebih signifikan dibandingkan dengan perbedaan densitas antara campuran 5% dan campuran tanpa limbah masker yang hanya mencapai selisih 3%.

3.3. Uji Infiltrasi

Ilustrasi yang terdokumentasi pada Gambar 3 mengilustrasikan suatu uji infiltrasi, sebuah proses di mana air memasuki *paving block* secara vertikal dari permukaan *paving block*, menembus ruang pori-pori yang terdapat dalam struktur *paving block*. Uji ini dilakukan selama periode 24 jam dengan volume air sebanyak 500 ml. Pada waktu yang telah ditentukan, hasil pengujian pada sampel P1, P2, P3, dan P4 menunjukkan ketiadaan infiltrasi air ke dalam wadah. Ditemukan korelasi positif yang signifikan antara infiltrasi air dan kapasitas ruang pori-pori dalam *paving block*.



Gambar 3. Uji infiltrasi *paving block*

Keberadaan infiltrasi ini menyajikan alternatif solusi untuk menanggulangi permasalahan resapan air hujan ke dalam tanah, dengan meningkatkan laju infiltrasi ke dalam tanah. Hasil uji laju infiltrasi yang terdokumentasi secara rinci disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji infiltrasi pada umur 28 hari

Tipe Paving Block	Uji Infiltrasi mm ² /detik*
P1 (Campuran masker 0%)	0
P2 (Campuran masker 5%)	0
P3 (Campuran masker 10%)	0
P4 (Campuran masker 15%)	0

*) Hasil pengujian, 2023

Data pada Tabel 4 menunjukkan nilai uji infiltrasi sebesar 0 mm²/detik pada setiap campuran. Dari temuan ini, dapat disimpulkan bahwa uji infiltrasi dalam kerangka penelitian ini tidak dapat dilaksanakan secara efektif karena sampel *paving block* menunjukkan tingkat kerapatan yang tinggi, menyebabkan hambatan infiltrasi sebesar 100%. Temuan ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik permeabilitas

dan hambatan infiltrasi pada *paving block* yang menunjukkan sifat kerapatan yang signifikan.

3.4. Uji Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air adalah suatu metode identifikasi yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu sampel dalam menyerap air, dengan fokus pada karakteristik penyerapan air pada sampel tersebut. Hasil dari pengujian ini dapat ditemukan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji penyerapan air pada umur 28 hari

Tipe <i>Paving Block</i>	% Penyerapan Air *
P1 (Campuran masker 0%)	6,72 %
P2 (Campuran masker 5%)	7,94 %
P3 (Campuran masker 10%)	9,08 %
P4 (Campuran masker 15%)	10,76 %

*) Hasil pengujian, 2023

Dalam analisis uji penyerapan air, Tabel 5 menggambarkan bahwa nilai penyerapan air pada campuran tanpa masker (0%) relatif rendah, sedangkan penyerapan air mencapai nilai tertinggi pada campuran dengan penambahan masker sebesar 15%, dengan persentase penyerapan air mencapai 10,76%. Terdapat sebuah tren kenaikan yang dapat dicermati dari hasil uji penyerapan air, menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase limbah masker dalam campuran, semakin besar nilai penyerapan air yang terjadi. Kenaikan persentase penyerapan air dapat diobservasi seiring dengan bertambahnya proporsi masker dalam campuran, yaitu sebesar 18,2%, 35%, dan 60% untuk campuran 5%, 10%, dan 15%, berturut-turut. Penting untuk dicatat bahwa campuran dengan 15% masker menunjukkan peningkatan nilai penyerapan air sebesar 50% jika dibandingkan dengan *paving block* konvensional. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa campuran dengan penambahan masker sebesar $\geq 5\%$ mengakibatkan peningkatan daya serap yang signifikan, melebihi daya serap yang dimiliki oleh *paving block* konvensional.

3.5. Uji Kuat Tekan

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan didapatkan hasil seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji kuat tekan berdasarkan tipe dan umur

Umur (hari)	Tipe <i>Paving Block</i>	Benda Uji	Kuat Tekan (M.Pa)*	Rerata Kuat Tekan (M.Pa)*
7	P1	P1U1	18.19	16.72
		P1U2	17.30	
		P1U3	14.66	
	P2	P2U1	14.95	17.60
		P2U2	18.33	
		P2U3	19.51	
	P3	P3U1	14.56	13.99
		P3U2	14.61	
		P3U3	12.79	
	P4	P4U1	10.64	10.67
		P4U2	10.83	
		P4U3	10.54	
14	P1	P1U1	35.24	36.24
		P1U2	31.74	
		P1U3	41.74	

Umur (hari)	Tipe <i>Paving Block</i>	Benda Uji	Kuat Tekan (M.Pa)*	Rerata Kuat Tekan (M.Pa)*
28	P2	P2U1	32.99	32.49
		P2U2	32.49	
		P2U3	31.99	
	P3	P3U1	33.99	32.49
		P3U2	31.49	
		P3U3	31.99	
	P4	P4U1	18.99	16.33
		P4U2	11.00	
		P4U3	18.99	
	P1	P1U1	39.49	42.24
		P1U2	46.74	
		P1U3	40.49	
	P2	P2U1	30.99	31.66
		P2U2	32.99	
		P2U3	30.99	
	P3	P3U1	32.49	26.66
		P3U2	25.49	
		P3U3	21.99	
	P4	P4U1	16.25	23.99
		P4U2	34.99	
		P4U3	20.74	

*) Hasil pengujian, 2023

Dalam analisis hasil uji kuat tekan yang terdokumentasi pada Tabel 6, terlihat bahwa nilai terendah terjadi pada tipe P4, *paving block* dengan tambahan 15% limbah masker. Secara keseluruhan, terjadi penurunan rerata nilai kuat tekan.

Pada pengamatan mengenai tren perubahan kuat tekan seiring bertambahnya usia paving block, terdapat variabilitas yang signifikan saat di konversi dari usia 28 hari ke 7 hari. Kondisi ini dapat dijelaskan dengan adanya perbedaan yang cukup besar pada kondisi tertinggi saat usia 28 hari. Tipe campuran 5% menunjukkan hasil berbeda dari tipe campuran 0% pada usia 28 hari, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 0,83 M.Pa atau 2,55%. Walaupun demikian, *paving block* usia 28 hari masih memperlihatkan kualitas yang memadai, menunjukkan variasi yang tidak normal pada sampel usia 14 hari. Faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi hasil ini termasuk proses *curing* yang tidak optimal serta distribusi limbah masker yang tidak merata atau memiliki volume yang bervariasi setiap sampelnya.

Hal yang serupa juga terjadi pada tipe campuran 10%, yang menunjukkan perubahan yang tidak normal. Idealnya, nilai kuat tekan diharapkan meningkat pada kondisi normal, tetapi terjadi penurunan nilai kuat tekan pada usia 28 hari dibandingkan dengan usia 14 hari. *Paving block* dengan campuran limbah masker 10% pada hari ke-28 mengalami penurunan sebesar 5,83 M.Pa atau 17,94% dari hari ke-14. Sama seperti pada tipe campuran 5%, *paving block* usia 28 hari masih memperlihatkan kualitas yang dapat diterima, menunjukkan variasi yang tidak normal pada sampel usia 14 hari, yang kemungkinan disebabkan oleh kurang

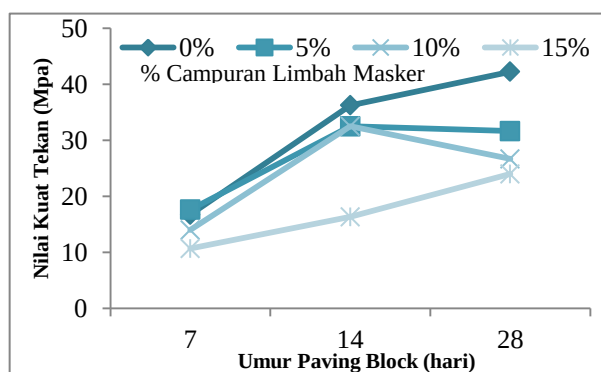
optimalnya proses *curing* dan distribusi limbah masker yang tidak merata atau memiliki volume yang bervariasi pada setiap sampel.

Pada campuran 15%, terlihat tren kenaikan yang sesuai dengan konversi usia, dengan sedikit perbedaan. *Paving block* campuran limbah masker 15%, pada hari ke-28, mengalami kenaikan sebesar 31,92%, menunjukkan tren kenaikan yang lebih signifikan pada usia 28 hari dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada usia 14 hari.

Analisis hasil kuat tekan pada berbagai campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pengamatan pada Gambar 4 mengungkapkan bahwa persebaran hasil yang optimal terjadi pada campuran 0% dan 15%, sementara campuran 5% dan 10% menunjukkan penurunan kinerja dari usia 14 hari ke 28 hari. Pada usia 7 hari, nilai kuat tekan tertinggi tercatat pada campuran 5%, namun nilai tertinggi pada usia 14 dan 28 hari terdapat pada campuran tanpa limbah masker.

Secara khusus, pada usia 28 hari, nilai kuat tekan puncak terjadi pada campuran masker dengan persentase 0%, atau dalam kata lain, pada *paving block* tanpa campuran masker. Hasil ini menunjukkan bahwa pada tahap ini, campuran masker dengan 0% mencapai nilai kuat tekan maksimum sebesar 42,24 MPa. Perbandingan ini memberikan wawasan yang signifikan terhadap pengaruh limbah masker terhadap karakteristik mekanik *paving block* seiring waktu dan memberikan dasar untuk pemilihan campuran yang optimal dalam konteks kekuatan dan durabilitas.

Penjabaran hasil kuat tekan pada masing masing campuran tentunya memiliki hasil yang berbeda, untuk dapat melihat perbedaan tersebut dapat diperhatikan pada Gambar 4. Persebaran yang baik hanya terdapat pada campuran 0% dan 15% sedangkan pada campuran 5% dan 10% terdapat penurunan pada usia 14 hari ke 28 hari. Pada usia 7 hari nilai kuat tertinggi terjadi pada campuran 5% sedangkan nilai kuat tekan tertinggi pada usia 14 dan 28 hari terdapat pada campuran tanpa limbah masker. Akan tetapi nilai kuat tekan tertinggi pada usia 28 hari terjadi pada campuran masker sebesar 0% atau *paving block* tanpa campuran masker dengan nilai kuat tekan sebesar 42,24 Mpa.



Gambar 4. Hasil rerata nilai kuat tekan tiap campuran

Pada *paving block* yang menggunakan campuran masker, ditemukan bahwa nilai kuat tekan mencapai puncak pada campuran sebesar 5% (dengan jumlah limbah masker yang paling sedikit), dengan nilai kuat tekan mencapai 31,66 MPa. Analisis ini mengindikasikan bahwa penambahan campuran masker setara atau melebihi 5% menyebabkan penurunan signifikan pada nilai kuat tekan *paving block*. Secara spesifik, peningkatan persentase campuran masker menunjukkan dampak negatif yang proporsional terhadap nilai kuat tekan *paving block*, di mana semakin tinggi persentase campuran masker, nilai kuat tekan *paving block* mengalami penurunan. Fenomena ini menggambarkan bahwa campuran masker dalam jumlah yang signifikan dapat berpotensi merugikan sifat mekanis dari *paving block*, menyebabkan ketidakstabilan struktural dan performa yang kurang optimal. Oleh karena itu, disarankan untuk mempertimbangkan secara cermat tingkat persentase campuran masker dalam upaya meningkatkan kualitas dan keandalan *paving block*.

3.6. Pengaruh Uji Non-Destructive Terhadap Uji Destructive

Pengujian *destructive* berkaitan erat dengan karakteristik mekanis *paving block*, sehingga perbandingan antar hasil uji menjadi penting. Perubahan dapat diamati secara langsung, terutama ketika persentase penyerapan air meningkat, menghasilkan pembentukan rongga yang signifikan. Fenomena ini kemudian berkontribusi pada penurunan nilai kuat tekan *paving block*, sebagaimana tergambar dalam Tabel 7. Dengan demikian, analisis terperinci terhadap pengaruh persentase penyerapan air pada struktur mikro dan sifat mekanis *paving block* dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait hubungan antar variabel tersebut. Uji *destructive* memiliki keterikatan terhadap sifat mekanis dari *paving block* sehingga jika dibandingkan. Akan terlihat perubahan dimana semakin tinggi % penyerapan air menyebabkan adanya rongga yang menyebabkan turunnya nilai kuat tekan seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh penyerapan air dan densitas terhadap nilai kuat tekan *paving block* pada umur 28 hari

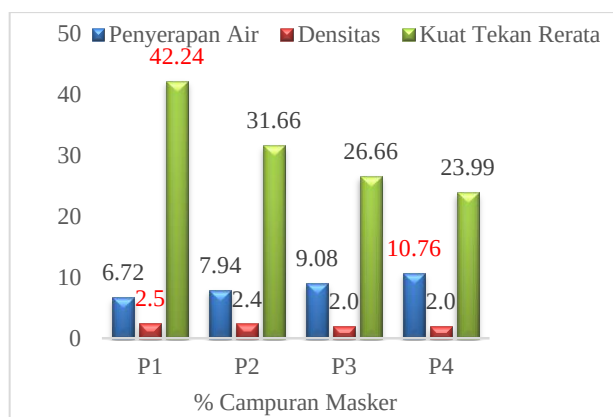
Tipe	Penyerapan Air (%) [*]	Densitas (gr/cm ³) [*]	Kuat Tekan Rerata (Mpa) [*]
P1	6.72	2.5	42.24
P2	7.94	2.4	31.66
P3	9.08	2.0	26.66
P4	10.76	2.0	23.99

^{*}) Hasil pengujian, 2023

Pada penelitian ini, diperoleh hasil nilai kuat tertinggi pada *paving block* tanpa campuran masker sebesar 42,24 MPa. *Paving block* ini juga menunjukkan penyerapan air paling rendah sebesar 6,72% dan densitas tertinggi sebesar 2,5 gr/cm³. Di sisi lain, *paving block* yang mengandung campuran masker mencapai nilai kuat tertinggi pada campuran 5%, namun menunjukkan peningkatan nilai penyerapan air dan penurunan densitas dibandingkan dengan campuran

tanpa masker. Hasil ini mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antar campuran *paving block*, sebagaimana tergambar pada Gambar 5.

Analisis lebih lanjut, sebagaimana terlihat pada Gambar 5, menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penyerapan air, maka massa jenis atau densitas dan nilai kuat tekan *paving block* menurun. Di sisi lain, semakin tinggi densitas, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh adanya rongga yang dipengaruhi oleh keberadaan campuran masker. Adanya rongga tersebut dapat memengaruhi sifat mekanik *paving block*, dimana peningkatan penyerapan air cenderung menyebabkan penurunan massa jenis dan nilai kuat tekan, sementara peningkatan densitas dapat menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi. Perbedaan ini memberikan wawasan yang penting dalam merancang campuran *paving block* dengan efisiensi optimal, mengingat peran kritisnya dalam aplikasi infrastruktur.



Gambar 5. Pengaruh penyerapan air dan densitas terhadap nilai kuat tekan *paving block*

Salah satu tujuan penelitian ini untuk menganalisis nilai kuat tekan pada campuran *paving block* dengan limbah masker pada berbagai rentang usia, khususnya pada usia 28 hari. Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada asumsi bahwa pada usia 28 hari, campuran *paving block* telah mencapai kestabilan dan kuat tekan tertinggi yang diharapkan. Untuk mengevaluasi pengaruh limbah masker terhadap kuat tekan, hasil perubahan nilai rerata kuat tekan dari kondisi tanpa campuran limbah masker dihitung dan direkam dalam Tabel 8. Analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah penambahan limbah masker berdampak signifikan terhadap kuat tekan *paving block*, serta untuk mengidentifikasi potensi perubahan nilai kuat tekan pada berbagai periode waktu dalam proses pengerasan material.

Tabel 8. Perubahan nilai kuat tekan pada umur 28 hari

Tipe Paving Block	Sampel	Kuat Tekan (MPa) *	Rata-rata (MPa) *	Kekuatan Sisa*
P1	P1U1	39,49	42,24	100,00%
	P1U2	46,74		
	P1U3	40,49		
P2	P2U1	30,99	31,66	74,95%
	P2U2	32,99		
	P2U3	30,99		

Tipe Paving Block	Sampel	Kuat Tekan (MPa) *	Rata-rata (MPa) *	Kekuatan Sisa*
P3	P3U1	32,49	26,66	63,12%
	P3U2	25,49		
	P3U3	21,99		
P4	P4U1	16,25	23,99	56,80%
	P4U2	34,99		
	P4U3	20,74		

*) Hasil pengujian, 2023

Dalam Tabel 8, terlihat perubahan nilai kuat tekan pada *paving block* seiring dengan peningkatan persentase campuran limbah masker. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan limbah masker pada persentase 5%, 10%, dan 15% secara signifikan menurunkan nilai kuat tekan dari *paving block*. Khususnya, *paving block* dengan campuran limbah masker sebanyak 15% menghasilkan nilai kuat tekan terendah, yang dapat dijelaskan oleh efek negatif limbah masker terhadap kekuatan *paving block*.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase limbah masker, nilai kuat tekan sisa semakin menurun. Sebagai contoh, pada campuran 15%, nilai kuat tekan mencapai 56,8% dari *paving block* tanpa limbah masker. Penurunan signifikan ini menimbulkan pertanyaan kritis terkait dengan keberlanjutan dan kegunaan paving block tersebut.

Untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan paving block, standar tertentu perlu diperhatikan. Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang tercantum dalam Tabel 9, nilai kuat tekan menjadi parameter penentu dalam menilai apakah *paving block* dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlu pertimbangan lebih lanjut terkait pemilihan persentase limbah masker agar *paving block* dapat memenuhi persyaratan SNI dan memastikan keberlanjutan serta kualitas produk yang dihasilkan.

Tabel 9. Klasifikasi mutu

Tipe Paving Block	Hasil (Mpa)	Kategori Mutu SNI*	Mutu Kuat Tekan SNI (Mpa)*
P1	42,24 M.Pa	A	35 Mpa
P2	31,66 M.Pa	B	17 Mpa
P3	26,66 M.Pa	B	17 Mpa
P4	23,99 M.Pa	B	17 Mpa

*) SNI 03-0691-1996

Pada Tabel 9, hasil uji kuat tekan pada sampel *paving block* P1 tanpa campuran limbah masker menunjukkan nilai yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan sampel P2, P3, dan P4 yang menggunakan campuran limbah masker. Sampel P1 mencapai mutu kelas A, menandakan bahwa *paving block* tersebut memenuhi standar yang diperlukan untuk aplikasi pada perkerasan jalan. Di sisi lain, *paving block* dengan campuran limbah masker pada P2 (5%), P3 (10%), dan P4 (15%) diklasifikasikan sebagai mutu

kelas B, sehingga lebih cocok digunakan pada area parkir mobil. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan limbah masker pada campuran *paving block* memengaruhi sifat mekaniknya, dengan nilai kuat tekan yang menurun seiring peningkatan persentase limbah masker. Oleh karena itu, pemilihan mutu *paving block* harus disesuaikan dengan kebutuhan aplikasinya, dengan mempertimbangkan faktor kuat tekan dan penggunaan akhir yang diinginkan (Barkiah & Yasin, 2020).

4. Kesimpulan

Pengujian *non-destructive* yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan campuran masker pada *paving block* menyebabkan ketidakrataan permukaan dan penurunan densitas seiring dengan peningkatan persentase campuran masker. Hal ini mengakibatkan tingkat penyerapan air pada *paving block* menjadi tinggi. Sebaliknya, uji infiltrasi menunjukkan kegagalan karena mengalami tingkat hambatan sebesar 100%.

Hasil pengujian *destructive* menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata pada campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% adalah berturut-turut 42,24 M.Pa, 31,66 M.Pa, 26,66 M.Pa, dan 23,99 M.Pa. Berat jenis *paving block* pada campuran P1, P2, P3, dan P4 secara berturut-turut adalah 2.605,56 Kg/M³, 2.527,78 Kg/M³, 2.086,11 Kg/M³, dan 2.097,22 Kg/M³. Dari hasil pengujian *destructive* ini, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase campuran masker, semakin rendah nilai kuat tekan dan berat jenis *paving block*.

Dari keempat campuran yang diuji, dapat diketahui bahwa campuran tanpa masker memenuhi standar mutu A dengan minimal kuat tekan sebesar 35 M.Pa, yang sesuai untuk digunakan pada perkerasan jalan. Sementara itu, berdasarkan standar SNI-03-0691-1996, *paving block* dengan campuran masker mencapai mutu B dengan minimal nilai kuat tekan sebesar 17 M.Pa, yang cocok untuk digunakan di tempat parkir mobil. Penelitian ini memberikan indikasi bahwa campuran masker dapat digunakan sebagai alternatif bahan dalam pembuatan *paving block* dengan kualitas yang memenuhi standar tertentu. Pengujian *non-destructive* yang dilakukan, campuran masker mengakibatkan permukaan *paving block* tidak rata dan memiliki densitas yang semakin rendah seiring dengan meningkatnya campuran masker sehingga mengakibatkan tingginya penyerapan air *paving block*. Sedangkan, pengujian infiltrasi terjadi kegagalan karena memiliki tingkat hambatan 100%.

Hasil pengujian *destructive* menunjukan bahwa rata-rata kuat tekan campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% secara berturut-turut adalah 42,24 M.Pa, 31,66 M.Pa, 26,66 M.Pa, dan 23,99 M.Pa dengan hasil rata-rata berat *paving block* campuran P1, P2, P3, dan P4 secara berturut-turut adalah 2.605,56 Kg/M³, 2.527,78 Kg/M³, 2.086,11 Kg/M³, dan 2.097,22 Kg/M³. Dari hasil pengujian *destructive*, semakin banyak persen campuran masker, semakin kecil nilai kuat tekan dan berat jenis *paving block*.

Dari keempat campuran yang digunakan, campuran tanpa masker sesuai dengan mutu A dengan minimal

kuat tekan 35 Mpa yang dipergunakan untuk perkerasan jalan. Sesuai dengan SNI-03-0691-1996, *paving block* campuran masker mampu mencapai mutu B dengan minimal nilai kuat tekan sebesar 17 Mpa yang diperuntukkan tempat parkir mobil.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Universitas Pakuan dan Institut Teknologi Sains Bandung yang telah memfasilitasi publikasi karya ilmiah ini. Kerjasama dan dukungan dari kedua institusi tersebut telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kelancaran penulisan ini.

Daftar Pustaka

- Adibroto, F. (2014). Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Sipil* (Jrs-Unand), 10(1). <https://doi.org/10.25077/jrs.10.1.1-11.2014>
- Ariful. (2022). Pemanfaatan Limbah Abu Tongkol Jagung Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block. *Jurnal Forum Mekanika*, 11(2).
- Barkiah, I., & Yasin, M. (2020). Nilai Konversi Uji Kuat Tekan Variasi Bentuk Paving Block Terhadap Bentuk Sampel Uji Sni 03-0691-1996. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)*, 9(2).
- Damayanti, A. S., & Khatulistiwa, U. (2022). Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Campuran Pasir Pada Pembuatan Paving Block. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 10(2). <https://doi.org/10.30742/Axial.V10i2.2481>
- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. (2020). Covid-19 Face Masks: A Potential Source Of Microplastic Fibers In The Environment. *Science Of The Total Environment*, 737. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>
- Fr, F., Nurmawati, D., & Rokhmalla, F. (2018). Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Campuran Untuk Pembuatan Paving Block. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 16(2). <https://doi.org/10.36568/Kesling.V16i2.834>
- Haslinda, A., Idrus, I., Basuki, T. A., & Saiful, S. (2020). Proses Pengelolaan Limbah Marmer Menjadi Produk Paving Block. *Journal Industrial Engineering And Management (Just-Me)*, 1(01). <https://doi.org/10.47398/Justme.V1i01.1>
- Hayni, R. N., Prihantono, P., & Anisah, A. (2020). Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash) Dan Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Paving Block Sesuai Dengan Sni 03-0691-1996. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1). <https://doi.org/10.21009/Jmenara.V15i1.18126>
- Kusuma, E. W. (2012). Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block. *Skrripsi. Universitas Pembangunan Nasional Veteran*
- L.H. Pasaribu, A., Basuki, B., & Darmanijati, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Popok Bayi Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 20(1). <https://doi.org/10.37412/Jrl.V20i1.39>
- Nurhayati, C. (2020). Degradasi Paving Block Plastik Dari Limbah Plastik Low Density Polyethylene (Ldpe) Selama Penyimpanan Paving. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 31(2).

- Rifai, A. L., Arnandha, Y., & Rakhmawati, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Campuran Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa ...*, 1(1).
- Syafei, A. N., Utomo, S. W., & Izzati, L. (2023). Pengelolaan Limbah B3 Medis Covid-19 Dari Rumah Sakit Di Kota Tangerang. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 12(03). <https://doi.org/10.33221/jikm.V12i03.2072>
- Utami, P. R., Anisah, & Murtinugraha, R. E. (2023). Pemanfaatan Campuran Fly Ash Dan Ldpe Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Paving Block. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 18(1).
- Wibowo, Y. S., Susetyaningsih, R., Darmanijati, R., & S, I. A. A. (2022a). Pemanfaatan Limbah Masker Sekali Pakai Sebagai Campuran Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22(2), 1–8. <https://journal.itj.ac.id/index.php/jrl/article/view/146>