

Studi Eksperimental Pengaruh Substitusi Sebagian Pasir Malang (Pasir Vulkanik) dengan Abu Batu terhadap Kuat Tekan Beton Mutu $f'c$ 20 MPa

Rio Rahma Dhana*, Regar Labda Satria Prianto, Ahmad Ridwan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Lamongan,
Jl. Veteran No.53A, Jetis, Kec. Lamongan, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur 62211.

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Abu Batu; Beton; Kuat Tekan;
Pasir Malang; Substitusi Agregat
Halus.

***Correspondence email:**

Riorahma@unisla.ac.id,
regar16072001@gmail.com,
ahmadridwan@unisla.ac.id

Submitted: 30 Juli 2026

Revised: 11 Agustus 2026

Accepted: 11 Agustus 2026

Published: 14 Agustus 2026

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kuat tekan tinggi, durabilitas yang baik, serta bahan penyusun yang mudah diperoleh. Namun, meningkatnya kebutuhan agregat halus alami menyebabkan eksploitasi sumber daya alam sehingga diperlukan material alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi sebagian Pasir Malang dan Abu Batu terhadap kuat tekan beton dengan mutu rencana $f'c$ 20 MPa serta menentukan komposisi campuran yang memberikan hasil terbaik. Penelitian menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan UNISLA. dengan benda uji silinder berukuran 15 cm $\times$ 30 cm. Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan variasi substitusi agregat halus sebesar 5% (Pasir Malang 2,5% + Abu Batu 2,5%), 10% (Pasir Malang 5% + Abu Batu 5%), dan 15% (Pasir Malang 7,5% + Abu Batu 7,5%), serta beton normal sebagai pembandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,52 MPa, sedangkan variasi substitusi 5%, 10%, dan 15% berturut-turut menghasilkan kuat tekan sebesar 19,85 MPa, 18,47 MPa, dan 17,50 MPa. Semakin besar persentase substitusi Pasir Malang dan Abu Batu, semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan. Variasi substitusi 5% merupakan komposisi terbaik karena menghasilkan kuat tekan yang paling mendekati beton normal dan mutu rencana $f'c$ 20 MPa.

ABSTRACT

Keywords:

Compressive Strength;
Concrete; Fine Aggregate
Substitution; Malang Sand;
Stone Dust.

Concrete is one of the most widely used construction materials due to its high compressive strength, good durability, and the availability of its constituent materials. However, the increasing demand for natural fine aggregate has led to excessive exploitation of natural resources, creating environmental concerns. Therefore, alternative materials are needed to partially replace fine aggregate. This study aimed to analyze the effect of partially substituting fine aggregate with Malang Sand and Stone Dust on the compressive strength of concrete with a design strength of 20 MPa and to determine the optimum mixture proportion. The research employed an experimental method conducted at the Civil Engineering Laboratory of Universitas Islam Lamongan UNISLA. Cylindrical concrete specimens measuring 15 cm $\times$ 30 cm were prepared using the mix design method based on SNI 03-2834-2000. The substitution levels of fine aggregate were 5% (2.5% Malang Sand + 2.5% Stone Dust), 10% (5% Malang Sand + 5% Stone Dust), and 15% (7.5% Malang Sand + 7.5% Stone Dust), with normal concrete used as the control mixture. The results showed that the average compressive strength of normal concrete was 20.52 MPa, while the 5%, 10%, and 15% substitution mixtures achieved compressive strengths of 19.85 MPa, 18.47 MPa, and 17.50 MPa, respectively. Increasing the substitution percentage of Malang Sand and Stone Dust tended to reduce the compressive strength of concrete. The 5% substitution mixture produced the best performance because its compressive strength was the closest to both the normal concrete and the target design strength of 20 MPa.

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor konstruksi di Indonesia terus meningkat seiring bertambahnya pembangunan gedung, jalan, jembatan, dan berbagai infrastruktur lainnya. Beton masih menjadi material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki kuat tekan tinggi, durabilitas yang baik, mudah dibentuk, serta bahan penyusunnya relatif mudah diperoleh. Kualitas beton dipengaruhi oleh karakteristik material penyusunnya, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah apabila digunakan. Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan agregat halus alami

menyebabkan eksploitasi pasir secara terus-menerus sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan. Kondisi tersebut mendorong pemanfaatan material alternatif sebagai substitusi sebagian agregat halus untuk mendukung pembangunan yang lebih berkelanjutan (Anggarini et al., 2024).

Salah satu material yang berpotensi dimanfaatkan adalah abu batu, yaitu hasil samping proses pemecahan batu (*stone crusher*) yang memiliki ukuran partikel halus sehingga mampu berfungsi sebagai *filler* dan meningkatkan kepadatan campuran beton. Kusumaningrum et al. (2023) menyatakan bahwa pemanfaatan abu batu dari batuan vulkanik sebagai pengganti pasir juga menunjukkan pengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik pada campuran mortar. Selain itu, Pasir Malang yang berasal dari material vulkanik memiliki tekstur permukaan lebih kasar dan gradasi yang baik sehingga berpotensi meningkatkan ikatan antara agregat dan pasta semen. Namun, karakteristik tersebut juga menyebabkan daya serap air lebih tinggi sehingga dapat memengaruhi kemudahan pengerjaan (*workability*) maupun kuat tekan beton apabila digunakan dalam jumlah yang berlebihan (Satriani, 2021; Puspitasari, 2023). Penelitian Mulya et al. (2026) turut mengonfirmasi potensi pemanfaatan Pasir Vulkanik Malang pada campuran beton dan paving block sebagai alternatif agregat halus. Sejalan dengan itu, Mohammad Bayu Adi Segara et al. (2023) juga membandingkan pengaruh penggunaan pasir vulkanik dari sumber berbeda, yaitu Pasir Semeru Lumajang dan Pasir Kediri, terhadap kuat tekan beton.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu batu maupun Pasir Malang sebagai substitusi sebagian agregat halus dapat memengaruhi sifat mekanik beton. Fauzi dan Walujodjati (2022) serta Cendrasari et al. (2025) menyatakan bahwa penggunaan material substitusi pada kadar tertentu masih mampu menghasilkan kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan. Penelitian Santoso dan Bali (2024) menunjukkan bahwa penggunaan Pasir Malang memengaruhi kuat tekan beton, sedangkan Laksana Wijaya et al. (2025) menjelaskan bahwa kadar abu batu yang terlalu tinggi dapat menurunkan *workability* dan kuat tekan beton. Hal serupa juga dilaporkan oleh Febrio et al. (2024) yang menggunakan abu batu dari limbah produksi *stone crusher* sebagai substitusi agregat halus pada beton mutu K-250. Selain itu, MS. Mailudin Hakim dan Dewi (2025) meneliti pengaruh substitusi batu dolomit sebagai agregat kasar dan pasir vulkanik sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih mengkaji penggunaan abu batu dan Pasir Malang secara terpisah. Penelitian yang mengombinasikan kedua material tersebut sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton dengan mutu rencana f_c 20 MPa, khususnya pada variasi substitusi 5%, 10%, dan 15%, masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya *research gap* yang perlu dikaji lebih lanjut. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penggunaan kombinasi Pasir Malang dan abu batu sebagai substitusi agregat halus dengan beberapa variasi persentase untuk memperoleh komposisi yang menghasilkan kuat tekan optimum.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kombinasi Pasir Malang dan abu batu sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton mutu rencana f_c 20 MPa serta menentukan variasi substitusi yang memberikan hasil kuat tekan terbaik.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*experimental research*) untuk menganalisis pengaruh substitusi sebagian Pasir Malang dan Abu Batu sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton mutu rencana f_c 20 MPa. Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000, sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (UNISLA) (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

Beton yang digunakan merupakan beton normal dengan mutu rencana f_c 20 MPa. Variasi substitusi agregat halus yang diterapkan terdiri atas 5% (Pasir Malang 2,5% dan Abu Batu 2,5%), 10% (Pasir Malang 5% dan Abu Batu 5%), serta 15% (Pasir Malang 7,5% dan Abu Batu 7,5%) dari berat agregat halus, sedangkan beton normal tanpa substitusi digunakan sebagai campuran pembanding. Benda uji berupa silinder beton berukuran 15 cm $\times$ 30 cm. Tahapan penelitian meliputi pengujian karakteristik material, perencanaan campuran beton (*mix design*), pembuatan benda uji, perawatan beton (*curing*), pengujian berat beton, dan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.

Data yang diperoleh merupakan data kuantitatif berupa hasil pengujian kuat tekan beton dan berat beton pada setiap variasi campuran. Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai kuat tekan rata-rata beton normal terhadap beton yang menggunakan substitusi Pasir Malang dan Abu Batu. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi substitusi serta menentukan komposisi campuran yang menghasilkan kuat tekan paling mendekati mutu rencana f_c 20 MPa.

HASIL

Berdasarkan tabel 1, hasil perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan mutu rencana f_c 20 MPa, campuran beton normal terdiri atas semen sebesar 9,225 kg, pasir sebesar 17,801 kg, kerikil sebesar 24,084 kg, dan air sebesar 4,346 kg. Pada penelitian ini, sebagian agregat halus disubstitusi menggunakan Pasir Malang dan abu batu dengan variasi substitusi sebesar 5%, 10%, dan 15%. Peningkatan persentase substitusi menyebabkan proporsi pasir normal berkurang dan digantikan oleh Pasir Malang serta abu batu dalam jumlah yang sebanding. Sementara itu,

jumlah semen, kerikil, dan air dipertahankan konstan pada seluruh variasi campuran. Variasi tersebut diterapkan untuk menganalisis pengaruh substitusi Pasir Malang dan abu batu terhadap kuat tekan beton mutu f_c 20 MPa.

Tabel 1. Rencana Campuran Beton

Kode	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir Malang	Abu Batu	Air (Kg)
5%	9,225	17,801	24,084	0,000	0,000	4,346
10%	9,225	14,241	24,084	1,780	1,780	4,346
15%	9,225	12,461	24,084	2,670	2,670	4,346

Sumber : Mix Design (2026)

Berdasarkan Tabel 2, beton normal memiliki nilai slump sebesar 15 cm. Penggunaan Pasir Malang dan abu batu sebagai substitusi sebagian agregat halus menyebabkan nilai slump mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase substitusi. Nilai slump yang diperoleh masing-masing sebesar 14 cm pada variasi substitusi 5%, 12 cm pada variasi 10%, dan 10 cm pada variasi 15%. Penurunan nilai slump tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi Pasir Malang dan abu batu cenderung menurunkan tingkat workability beton. Kondisi ini menyebabkan campuran beton menjadi lebih kaku dan kelecakannya berkurang dibandingkan dengan campuran beton normal. Penurunan workability diduga berkaitan dengan meningkatnya kandungan partikel halus pada campuran yang memiliki kemampuan menyerap air lebih besar, sehingga jumlah air bebas yang tersedia untuk meningkatkan kelecakan beton menjadi berkurang. Meskipun terjadi penurunan nilai slump pada setiap peningkatan persentase substitusi, seluruh variasi campuran masih menghasilkan nilai slump yang berada dalam batas yang direncanakan. Dengan demikian, campuran beton pada setiap variasi masih dapat dikerjakan serta memenuhi kebutuhan proses pencetakan dan pemadatan benda uji.

Tabel 2. Hasil Pengujian Slump Test

kode	Variasi beton	Nilai slump
1N	Normal	15
V1	5% (PM 2,5% + AB 2,5%)	14
V2	10% (PM 5% + AB 5%)	12
V3	15% (PM 7,5% + AB 7,5%)	10

Sumber : Hasil Penelitian lab teknik sipil UNISLA (2026)

Berdasarkan tabel 3, hasil pengujian, berat beton segar menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus. Campuran beton normal menghasilkan rata-rata berat beton segar tertinggi, yaitu sebesar 24,212 kg, sedangkan variasi V3 menghasilkan rata-rata berat beton segar terendah, yaitu sebesar 23,472 kg. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu memengaruhi berat beton segar, meskipun tidak terlalu signifikan.

Tabel 3. Uji Berat Beton Segar

Kode Benda Uji	Variasi Beton	Berat Beton Segar (Kg)
N (I)	Normal	24,185
N (II)		24,165
N (III)		24,285
V1 (I)	5% (PM 2,5% + AB 2,5%)	24,055
V1 (II)		24,205
V1 (III)		23,300
V2 (I)	10% (PM 5% + AB 5%)	23,550
V2 (II)		23,580
V2 (III)		24,120
V3 (I)	15% (PM 7,5% + AB 7,5%)	23,375
V3 (II)		23,490
V3 (III)		23,550

Sumber : Hasil Penelitian lab teknik sipil UNISLA (2026)

Berdasarkan tabel 4, hasil pengujian, berat beton kering menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus. Campuran beton normal menghasilkan rata-rata berat beton kering tertinggi, yaitu sebesar 12,921 kg, sedangkan variasi V3

menghasilkan rata-rata berat beton kering terendah, yaitu sebesar 12,426 kg. Variasi V1 dan V2 masing-masing memiliki rata-rata berat beton kering sebesar 12,724 kg dan 12,516 kg. Penurunan berat beton kering tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu memengaruhi berat jenis atau kepadatan beton. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik fisik kedua material substitusi yang berbeda dengan pasir alami sehingga menghasilkan beton dengan kepadatan yang sedikit lebih rendah dan juga disebabkan oleh kurangnya rojokan pada saat pembuatan benda uji. Meskipun demikian, perbedaan berat beton kering antarvariasi relatif kecil, sehingga menunjukkan bahwa seluruh campuran masih memiliki tingkat keseragaman dan homogenitas yang baik.

Tabel 4. Hasil Uji Berat Beton Kering

Kode Benda Uji	Variasi Beton	Berat Beton kering (Kg)
N (I)	Normal	12,880
N (II)		13,135
N (III)		12,747
V1 (I)	5% (PM 2,5% + AB2,5%)	12,795
V1 (II)		12,775
V1 (III)		12,602
V2 (I)	10% (PM 5% + AB 5%)	12,566
V2 (II)		12,380
V2 (III)		12,601
V3 (I)	15% (PM 7,5% + AB 7,5%)	12,280
V3 (II)		12,526
V3 (III)		12,471

Sumber : Hasil Penelitian lab teknik sipil UNISLA (2026)

Berdasarkan tabel 5, hasil pengujian, berat beton setelah proses curing menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus. Campuran beton normal menghasilkan rata-rata berat beton setelah curing tertinggi, yaitu sebesar 12,856 kg, sedangkan variasi V3 menghasilkan rata-rata berat terendah, yaitu sebesar 12,473 kg. Variasi V1 dan V2 masing-masing memiliki rata-rata berat sebesar 12,693 kg dan 12,560 kg. Penurunan berat beton setelah curing menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi Pasir Malang dan abu batu, kepadatan beton cenderung menurun. Hal ini diduga dipengaruhi oleh karakteristik fisik material substitusi yang memiliki gradasi dan berat jenis berbeda dibandingkan pasir alami. Meskipun demikian, selisih berat antarvariasi relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa seluruh benda uji masih memiliki tingkat keseragaman yang baik dan proses curing berlangsung secara efektif tanpa menyebabkan perubahan massa yang signifikan.

Tabel 5. Hasil Uji Berat Beton Setelah Curing

Kode Benda Uji	Variasi Beton	Berat Beton curing (Kg)
N (I)	Normal	12,805
N (II)		13,052
N (III)		12,710
V1 (I)	5% (PM 2,5% + AB2,5%)	12,635
V1 (II)		12,775
V1 (III)		12,670
V2 (I)	10% (PM 5% + AB 5%)	12,615
V2 (II)		12,415
V2 (III)		12,650
V3 (I)	15% (PM 7,5% + AB 7,5%)	12,310
V3 (II)		12,595
V3 (III)		12,515

Sumber : Hasil Penelitian lab teknik sipil UNISLA (2026)

Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menerima beban tekan hingga mencapai kondisi keruntuhan. Pengujian ini merupakan salah satu parameter utama dalam mengevaluasi mutu beton dan membandingkan tingkat kekuatan yang dihasilkan dari setiap variasi campuran. Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji terdiri

atas beton normal dan beton dengan substitusi sebagian agregat halus menggunakan Pasir Malang dan abu batu pada variasi 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Luas Penampang (cm ²)	Umur (hari)	BJ Beton (kg/m ³)	Tekanan Hancur (kg)	Tegangan Hancur 28 hari (kg/cm ²)	Rata - Rata Tegangan Hancur (kg/cm ²)	Tegangan Hancur 28 hari (Mpa)	Rata - Rata Tegangan Hancur (Mpa)
N	176,625	28	2430,189	36256,4783	247,32		20,53	
N	176,625	28	2478,302	36680,0265	250,21	247,22	20,77	20,52
N	176,625	28	2416,981	35790,5855	244,14		20,26	
V1	176,625	28	2383,962	35183,001	240,00		19,92	
V1	176,625	28	2410,377	34761,794	237,12	239,17	19,68	19,85
V1	176,625	28	2390,566	35241,0213	240,39		19,95	
V2	176,625	28	2380,189	32581,6557	222,25		18,45	
V2	176,625	28	2342,453	32359,8553	220,74	222,55	18,32	18,47
V2	176,625	28	2386,792	32933,0348	224,65		18,65	
V3	176,625	28	2322,642	30244,7609	206,31		17,12	
V3	176,625	28	2376,415	31647,02	215,88	210,82	17,92	17,50
V3	176,625	28	2361,321	30826,0836	210,28		17,45	

Sumber : Hasil Penelitian lab teknik sipil UNISLA (2026)

Hasil rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari pada beton normal sebesar 20,52 MPa, variasi substitusi Pasir Malang 2,5% + Abu Batu 2,5% sebesar 19,85 MPa, variasi substitusi Pasir Malang 5% + Abu Batu 5% sebesar 18,47 MPa, dan variasi substitusi Pasir Malang 7,5% + Abu Batu 7,5% sebesar 17,50 MPa. Variasi beton normal memiliki rata-rata kuat tekan terbesar yaitu 20,52 MPa, sedangkan variasi substitusi Pasir Malang 7,5% + Abu Batu 7,5% memiliki rata-rata kuat tekan terkecil yaitu 17,50 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi Pasir Malang dan Abu Batu terhadap agregat halus, maka kuat tekan beton cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan beton normal.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan Compression Testing Machine (CTM) pada umur 28 hari, diperoleh bahwa beton normal memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,52 MPa. Variasi substitusi 5% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,85 MPa, variasi 10% sebesar 18,47 MPa, dan variasi 15% sebesar 17,50 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi Pasir Malang dan Abu Batu sebagai pengganti sebagian agregat halus, maka kuat tekan beton cenderung mengalami penurunan. Di antara seluruh variasi yang diteliti, substitusi 5% memberikan hasil terbaik karena menghasilkan kuat tekan yang paling mendekati beton normal dan masih mendekati mutu rencana f_c 20 MPa. Dengan demikian, penggunaan Pasir Malang dan Abu Batu sebagai substitusi sebagian agregat halus pada persentase 5% merupakan variasi yang paling optimal dibandingkan variasi 10% dan 15% dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, E. A., Hardiani, D. P., & Teguh, M. R. M. (2024). Pengaruh penambahan serbuk galam sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton mutu normal. *Agregat*, 9(1), 1042–1047. <https://doi.org/10.30651/ag.v9i1.22342>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Badan Standardisasi Nasional.
- Cendrasari, A. U., Sudirman, S., & Indrajaya, I. (2025). Pengaruh limbah nikel (slag) sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton f_c '20 MPa. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 25(3), 722–731. <https://doi.org/10.35965/eco.v25i3.7973>
- Fauzi, A., & Walujodjati, E. (2022). Kuat tekan beton substitusi agregat kasar daur ulang dan bahan tambah tipe F super plasticizer. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 401–410. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-2.908>
- Febrio, S., Fajra, M., & Al-Azhar. (2024). Pengaruh abu batu dari limbah produksi stone crusher sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton mutu K-250. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 7(2), 1–6. <https://ft.ekasakti.org/index.php/JAES/index/>
- Kusumaningrum, E., Faizah, R., & Nurul Chotimah, D. (2023). Sifat fisik dan mekanik mortar dengan campuran limbah abu batu batuan vulkanik sebagai pengganti pasir. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v6i2.67260>
- Laksana Wijaya, M., Pamadya Utaya Kusuma, O., & Anggitasari, I. (2025). Penggunaan material abu batu dari Quarry Batu Gong Sumbawa sebagai substitusi pasir pada campuran beton. <https://doi.org/10.51158/j98y9863>

- Mohammad Bayu Adi Segara, Candra Aditya, & M. C. (2023). Analisis perbandingan kuat tekan beton menggunakan Pasir Semeru Lumajang dan Pasir Kediri. 3, 28. <https://doi.org/10.31328/bouwplank.v3i1.435>
- MS. Mailudin Hakim, & Dewi, S. (2025). Pengaruh substitusi persentase batu dolomit sebagai agregat kasar dan pasir vulkanik sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. 1(2). <https://rangkiangjurnal.com>
- Mulya, R., Ramadhan, P., & Wulandari, Y. (2026). Studi eksperimental penggunaan pasir vulkanik Malang pada beton dan paving block. 13(1), 113–121. <https://doi.org/10.21063/JTS.2026.V1301.113-121>
- Puspitasari, I. (2023). Kajian perbandingan kuat tekan dan berat jenis beton dengan Pasir Mundu dan Pasir Malang. 9(2), 147–156. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v9i2.60>
- Santoso, & Bali, I. (2024). Compressive strength of concrete with Malang sand as fine aggregate substitute. PRESUNIVE Civil Engineering Journal, 2(2). <https://doi.org/10.33021/pcej.v2i2.5463>
- Satriani, M. B. (2021). Tinjauan kualitas beton menggunakan abu batu limbah stone crusher sebagai substitusi parsial agregat halus (p. 3). <https://doi.org/10.25157/jig.v3i01.3003>