21 (2) (2026) 202-210

Teknika

http://journals.usm.ac.id/index.php/teknika

Pengaruh Variasi Campuran Beton Porous dengan Penambahan Sika Fume terhadap Kuat Tekan

Yanuaris Yunan Femani[1], Agus Juara[1], Joko Adi Wicaksono[1], Hanna Nursanti Sukmantari[1]✉, Wiji Lestarini[1], Dhamang Budi Cahyono[2], Muhammad Aldi Nababa[3], Mohammad Debby Rizani[4], Ainun Nurin Sharvina[5]

[1] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sains Al-Qur'an, Wonosobo, Indonesia
[2] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Semarang, Indonesia
[3] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Nahdlatul Ulama, Jepara, Indonesia
[4] Program Studi Teknik Sipil, Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia
[5] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Darul 'Ulum, Lamongan, Indonesia

DOI: https://doi.org/10.26623/teknika.v21i1.14067

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Disubmit 02 Maret 2026
Direvisi 16 Mei 2026
Disetujui 28 Mei 2026

Keywords:
Compressive strength; Mix design; Porous concrete; Sika fume; Water absorption

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan material bangunan yang efisien dan berwawasan lingkungan mendorong inovasi di bidang teknologi beton, salah satunya melalui pengembangan beton porous. Beton jenis ini diproduksi tanpa agregat halus sehingga memiliki sistem pori yang saling terhubung, yang menguntungkan dalam hal permeabilitas air namun seringkali menghasilkan ketahanan tekan yang terbatas. Penelitian ini bertujuan mengkaji dampak penambahan sika fume terhadap kuat tekan dan karakteristik absorpsi air beton porous, sekaligus mengidentifikasi proporsi campuran yang paling efektif. Metode yang diterapkan adalah eksperimen laboratorium dengan acuan perancangan campuran berdasarkan SNI 7656-2012. Benda uji dengan bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Persentase kadar sika fume sebesar 2,5%; 3,5%; 5,5%; dan 6,5% dari massa semen. Hasil riset memperlihatkan bahwa penambahan sika fume secara nyata meningkatkan kuat tekan beton porous, dengan performa terbaik sebesar 25,76 MPa pada kandungan 5,5%, sedangkan peningkatan dosis hingga 6,5% justru menurunkan kuat tekan. Kontribusi ilmiah utama dari penelitian ini adalah tersedianya landasan teknis dalam optimasi desain campuran beton porous berkinerja tinggi yang berpotensi dikembangkan sebagai material struktural ramah lingkungan guna mendukung praktik konstruksi berkelanjutan.

Abstract

The increasing demand for efficient and environmentally sustainable construction materials has encouraged innovation in concrete technology, particularly through the development of porous concrete. This type of concrete is produced without fine aggregates, resulting in an interconnected pore system that provides high water permeability but often leads to limited compressive strength. This study aims to investigate the effect of silica fume addition on the compressive strength and water absorption characteristics of porous concrete, as well as to determine the most effective mixture proportion. The research employed an experimental laboratory method, with a mixed design procedure referring to SNI 7656:2012 standards. Cylindrical specimens measuring 15 cm in diameter and 30 cm in height were prepared. Silica fume contents of 2.5%, 3.5%, 5.5%, and 6.5% by weight of cement were used in the mixtures. The results demonstrated that the incorporation of silica fume significantly improved the compressive strength of porous concrete, with the optimum performance

reaching 25.76 MPa at a silica fume content of 5.5%. However, increasing the dosage to 6.5% resulted in a reduction in compressive strength. The main scientific contribution of this research lies in providing a technical basis for optimizing the mix design of high-performance porous concrete, which has strong potential for application as an environmentally friendly structural material to support sustainable construction practices.

This is an open access article under the CC BY license

✉ **Alamat Korespondensi:**
E-mail: hannanursanti05@gmail.com

p-ISSN 1410-4202
e-ISSN 2580-8478

PENDAHULUAN

Pesatnya laju pembangunan infrastruktur di berbagai wilayah berdampak pada berkurangnya lahan terbuka hijau yang berfungsi sebagai zona tangkapan air alami. Ketika permukaan tanah didominasi oleh material *impermeable*, air hujan tidak mampu terserap secara efektif ke dalam tanah, sehingga memicu terjadinya genangan dan risiko banjir yang lebih tinggi. Situasi ini mendorong para ahli konstruksi untuk mencari solusi material yang tidak hanya memenuhi persyaratan struktural, tetapi juga mendukung sistem pengelolaan air yang berkelanjutan (Eka Putri dkk., 2019).

Sebagai komponen dominan dalam dunia konstruksi, beton memegang peranan sentral dalam berbagai proyek pembangunan. Material ini terbentuk melalui reaksi antara bahan pengikat, agregat, dan air yang menghasilkan massa keras dengan karakteristik kekuatan tertentu. Sejalan dengan kemajuan ilmu pengetahuan, formulasi beton terus dikembangkan guna memenuhi tuntutan fungsi yang semakin kompleks, termasuk aspek keberlanjutan lingkungan (Menteri Pekerjaan Umum, 1990). Beton yang semula diidentikkan dengan konstruksi gedung kini juga banyak diaplikasikan pada infrastruktur jalan (Rangan, 2023). Mutu beton sangat bergantung pada kualitas agregat dan efektivitas matriksnya sebagai pengikat (Agus & Aristo, 2018).

Penambahan *admixture* ke dalam komposisi beton ditujukan untuk meningkatkan karakteristik mekanis produk akhir, di mana takaran yang tepat terbukti memberikan dampak signifikan terhadap kuat tekan yang diperoleh (Purwanto dkk., 2021). Salah satu inovasi yang tengah berkembang dalam teknologi beton adalah beton porous, yakni jenis beton dengan rongga-rongga yang memungkinkan air melewati strukturnya. Penambahan zat aditif berbasis limbah industri dengan kadar tertentu dari berat semen memperlihatkan adanya pengaruh terhadap kuat tekan, di mana dosis yang berlebihan justru berpotensi melemahkan struktur beton (Suwiyono dkk., 2018).

Beton porous umumnya diformulasikan tanpa agregat halus sehingga terbentuk celah antarpartikel agregat kasar. Meskipun unggul dalam aspek permeabilitas, beton porous memiliki kelemahan pada kuat tekan jika dibandingkan dengan beton konvensional, sehingga diperlukan langkah-langkah peningkatan performa mekanis tanpa mengorbankan sifat porositasnya (Purba, 2023). Beton porous terdiri dari agregat kasar yang dilapisi pasta semen dengan ketebalan relatif tipis ±1,3 mm, memiliki porositas tinggi dan difungsikan sebagai lapisan permukaan yang memungkinkan air meresap masuk ke dalam tanah (Ghozi dkk., 2024). Modifikasi komposisi campuran beton ringan tanpa agregat halus dengan bahan pengisi alternatif menunjukkan pengaruh terhadap sifat mekanis, meskipun hasilnya umumnya masih di bawah kuat tekan beton konvensional (Cahyono dkk., 2023)

Apabila komponen penyusun beton porous dicampur, dituang, dipadatkan dan dirawat dengan benar, maka material yang terbentuk akan memiliki karakteristik unik. Rentang permeabilitasnya berada pada sekitar 81–730 l/menit/m² dengan kuat tekan berkisar antara 2,8 hingga 28 MPa (ACI-522R-10-(R2011)-1, 2010). Meskipun keunggulannya ada pada kemampuan mengalirkan air, keterbatasan kuat tekan menjadi tantangan yang harus diatasi melalui kajian lanjutan tanpa mengorbankan permeabilitasnya (Purba, 2023).

Memperhatikan kondisi tersebut, dibutuhkan terobosan inovatif untuk mengatasi kelemahan kuat tekan beton porous sekaligus mempertahankan kapasitas permeabilitasnya. Salah satu pendekatan yang relevan adalah penambahan sika fume sebagai bahan aditif, mengingat kemampuannya dalam mengisi pori-pori mikro dan mempererat ikatan antarpartikel. Atas dasar itu, penelitian ini dilakukan guna mengkaji dampak variasi kadar sika fume sebesar 2,5%; 3,5%; 5,5%; dan 6,5% dari bobot semen terhadap kuat tekan dan absorpsi air beton porous, serta menentukan proporsi campuran yang paling optimal untuk menghasilkan beton porous berkinerja tinggi yang mampu mendukung sistem drainase berkelanjutan dalam konstruksi modern.

METODE

Studi ini menggunakan pendekatan eksperimental di laboratorium yang dirancang untuk menganalisis perbedaan kuat tekan beton pada berbagai proporsi campuran dan mengkaji efek penambahan sika fume terhadap beton porous. Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan bahan berupa semen, agregat, air dan sika fume. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian karakteristik fisik agregat yang mencakup analisis gradasi, *hidrometer, specific gravity*, kandungan organik, *water content*, daya serap dan ketahanan aus agregat kasar.

Proporsi campuran beton (*mix design*) dirancang untuk mencapai target kuat tekan di atas 18,6 MPa dengan mengacu pada SNI 7656-2012. Berdasarkan perencanaan *mix design,* dilakukan pembuatan benda uji. Benda uji berbentuk silinder dibuat dengan proses adukan, uji slump, pengecoran serta perawatan beton. Pelaksanaan pengujian kuat tekan dilaksanakan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil uji kuat tekan tersebut selanjutnya dievaluasi guna mengidentifikasi pengaruh variasi komposisi dan penambahan sika fume, yang selanjutnya dirangkum dalam kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kandungan air pada agregat kasar dilakukan menggunakan dua spesimen (Tabel 1), yakni Sampel A dan Sampel B. Dari hasil pengujian diketahui bahwa kadar air Sampel A adalah 2,93% dan Sampel B sebesar 2,09%, dengan rerata 2,51%. Angka ini mengindikasikan bahwa agregat kasar dalam kondisi layak pakai sebagai bahan penyusun beton. Data kadar air ini selanjutnya menjadi basis koreksi jumlah air dalam perancangan campuran guna menjaga konsistensi faktor air-semen. Pengujian ini krusial karena kelembapan agregat turut menentukan jumlah air efektif dalam campuran serta nilai rasio air–semen, sehingga perlu diperhitungkan secara cermat agar mutu dan performa beton sesuai target (Kamil & Kurnila, 2023).

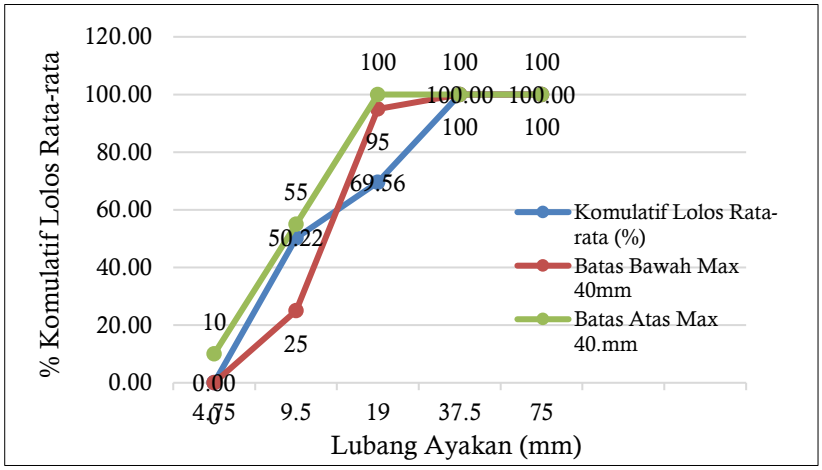
Tabel 1. Kadar Air Agregat Kasar

Contoh Benda uji dan kedalaman	I	
Nomor sampel yang akan digunakan	A	B
Berat cawan (W_1) (gram)	85,50	82,40
Berat cawan + contoh basah (W_2) (gram)	1.000,00	1.000,00
Berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$) (gram)	914,50	917,60
Berat cawan + contoh kering (W_4) (gram)	974,00	981,20
Berat contoh kering ($W_5 = W_4 - W_1$) (gram)	888,50	898,80
Kadar air = (W3-W5)/W5*100 (%)	2,93	2,09
Kadar air rata-rata (%)	2,51	

Nilai rerata kadar air agregat sebesar 2,51% dimanfaatkan sebagai dasar penyesuaian jumlah air bebas agar rasio air–semen tetap terkendali. Hal ini penting mengingat tingkat kelembapan agregat berpengaruh langsung terhadap kuat tekan beton. Ketentuan ini sejalan dengan hasil studi yang menegaskan pentingnya memperhitungkan kadar air agregat dalam perancangan campuran untuk menjaga performa mekanis yang diinginkan (Cho dkk., 2024).

Agregat kasar dengan kandungan air 2,51% menunjukkan kelembapan relatif rendah, sehingga dampaknya terhadap kelebihan air dalam campuran minimal. Penyesuaian kadar air berdasarkan nilai tersebut diperlukan untuk mempertahankan konsistensi faktor air–semen yang berkorelasi langsung dengan kuat tekan. Selain itu, kondisi kelembapan agregat menentukan jumlah air efektif dalam campuran. Apabila agregat berada di atas atau di bawah *kondisi Saturated Surface Dry (SSD)*, hal tersebut berpotensi mempengaruhi kuat tekan akhir yang dihasilkan (Liu dkk., 2025).

Analisis gradasi agregat kasar ditampilkan dalam grafik gradasi kerikil (Gambar 1). Kurva gradasi yang diperoleh berada dalam rentang batas atas dan batas bawah standar untuk agregat berukuran maksimum 40 mm, yang menunjukkan distribusi ukuran butir telah memenuhi persyaratan. Dengan demikian, agregat yang digunakan memiliki susunan butiran yang baik dan layak dipakai dalam campuran beton porous. Variasi gradasi agregat kasar berpengaruh terhadap sifat mekanis dan porositas beton porous, dan pemilihan gradasi yang tepat dapat membantu mencapai keseimbangan antara kuat tekan dan permeabilitas (Hamzah & Rochmah, 2025).



Gambar 1. Grafik Gradasi Kerikil

Gradasi kerikil yang sesuai standar mengindikasikan distribusi ukuran butir yang baik, sehingga mampu membentuk struktur beton porous yang stabil. Kesesuaian gradasi ini membantu mempertahankan rongga antar agregat sekaligus menjaga ikatan antara agregat dan pasta semen. Dengan gradasi yang optimal, tingkat pemadatan partikel agregat dapat ditingkatkan, yang berkontribusi pada peningkatan kuat tekan sambil tetap menjaga porositas beton porous (Prakash & Daniyal, 2025). Sehingga tercapai keseimbangan antara kekuatan mekanis dan karakteristik pori.

Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan pada dua benda uji (Tabel 2). Hasil rerata menunjukkan berat jenis curah kering adalah 2,58; berat jenis curah SSD 2,70; berat jenis semu 2,91 dan tingkat penyerapan air agregat kasar 4,43%. Nilai-nilai ini membuktikan bahwa agregat memiliki kualitas fisik yang memenuhi persyaratan penggunaan dalam campuran beton. Kepadatan agregat berpengaruh terhadap sifat mekanis beton, termasuk kuat tekan, sementara tingkat penyerapan air berkaitan dengan karakteristik pori agregat yang turut mempengaruhi kinerja beton secara keseluruhan (Alqarni dkk., 2022).

Tabel 2. Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	1.905,50	1.925,00	gram
Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	2.000,00	2.000,00	gram
Berat benda uji dalam air	C	1.254,60	1.261,40	gram
Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	A/(B - C)	2,56	2,61	2,58
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	B/(B - C)	2,68	2,71	2,70
Berat jenis semu (Sa)	A/(A - C)	2,93	2,90	2,91
Penyerapan air (Sw)	(B - A)/A*100	4,96	3,90	4,43

Nilai berat jenis agregat kasar dalam kisaran normal mengindikasikan kualitas yang baik dan kemampuan berkontribusi terhadap kekuatan beton. Sementara itu, penyerapan air sebesar 4,43% menunjukkan kapasitas absorpsi yang cukup tinggi, sehingga pengendalian kadar air dalam campuran perlu dilakukan dengan ketat agar faktor air–semen tetap sesuai rencana. Karakteristik fisik agregat seperti berat jenis dan penyerapan air memegang peranan penting dalam menentukan sifat mekanis beton, termasuk kuat tekan dan stabilitas campuran. Agregat dengan berat jenis yang baik dan penyerapan air yang terkontrol mendukung konsistensi kuat tekan beton sesuai desain yang direncanakan (Hosen dkk., 2024).

Karakteristik agregat kasar ini memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja beton porous, karena agregat merupakan elemen utama pembentuk rongga antar butir. Dengan nilai berat jenis dan penyerapan air yang sesuai, agregat mampu mendukung terbentuknya struktur beton porous yang stabil tanpa menurunkan kekuatan mekanis secara berarti.

Perancangan campuran beton (Tabel 3) dilakukan untuk memenuhi persyaratan kuat tekan sebesar 14,525 MPa dengan deviasi standar 7 MPa. Target kuat tekan rata-rata ditetapkan 26,005 MPa. Beton dirancang dengan memakai campuran semen *portland* tipe I dengan merek Tiga Roda dengan material batu pecah tanpa agregat halus, sesuai karakteristik beton porous. Penentuan komposisi campuran yang mempertimbangkan target kuat tekan beton dan perbandingan komposisi air-semen. Justifikasi tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa rasio air-semen dan proporsi material penyusun berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan sifat mekanik beton porous (Ximenes dkk., 2022).

Tabel 3. *Mix Design*

No	Uraian	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	14,525	Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui/dianggap	7	Mpa
3	Nilai tambah (margin)	-	11,48	Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	26,005	Mpa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen *Portland* Tipe I	Tiga Roda
6	Jenis agregat: - kasar	-	Batu pecah	-
	- halus	-	-	-
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2 Grafik 1	0,55	Ambil yang terendah
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	-	-

No	Uraian	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Nilai	
9	*Slump*	Ditetapkan	60-180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20	mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3	205	kg/m^3
12	Jumlah semen	11 : 8 atau 7	372,7	kg/m^3
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	372,7	kg/m^3
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	-	kg/m^3 (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15)
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	-	-
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9, atau tabel 7 grafik 10,11,12	-	-
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan	0	%
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Diketahui/ dianggap	2,70	-
20	Berat isi beton	Grafik 16	2.400	kg/m^3
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)	1.822,3	kg/m^3
22	Kadar agregat halus	18x21	0,00	kg/m^3
23	Kadar agregat kasar	21-22	1.822,27	kg/m^3
24	Proporsi campuran			

	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan	
			Halus (kg)	Kasar (kg)
- tiap m^3	372,7	205	0,00	1.822,27
- tiap campuran uji 1 zak (50 kg)	50,0	27,5	0,00	244,50

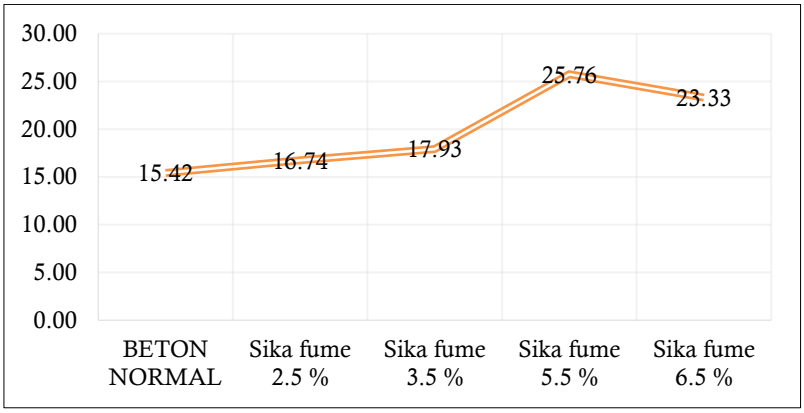
Faktor air-semen bebas digunakan 0,55 dengan nilai slump 60–180 mm dan ukuran agregat maksimum 20 mm. Kebutuhan air bebas sebesar 205 kg/m^3 dan semen sebesar 372,7 kg/m^3. Berat jenis relatif agregat kondisi SSD adalah 2,70 dengan berat isi beton 2.400 kg/m^3.

Berdasarkan perhitungan, agregat kasar yang dibutuhkan sebesar 1.822,27 kg/m^3 tanpa tambahan agregat halus. Komposisi beton porous per m^3 terdiri dari 372,7 kg semen, 205 kg air, dan 1.822,27 kg agregat kasar. Perhitungan untuk 1 zak semen (50 kg), diperlukan 27,5 kg air dan 244,5 kg agregat kasar.

Perancangan tanpa agregat halus dimaksudkan untuk membentuk rongga yang saling terhubung pada struktur beton porous. Penetapan faktor air–semen 0,55 bertujuan menjaga keseimbangan antara kemudahan pengerjaan dan kekuatan beton. Penggunaan agregat kasar dalam jumlah besar membentuk porositas, sementara kadar semen yang memadai diperlukan agar ikatan antar agregat tetap kuat. Di samping itu, rasio air–semen tidak hanya mempengaruhi *workability*, tetapi juga struktur mikro dan kuat tekan beton porous, sehingga nilai yang tepat menjadi kunci keseimbangan antara porositas dan kekuatan (Liyanage & Dia, 2020).

Hasil perencanaan campuran ini kemudian digunakan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji dengan berbagai variasi sika fume, sehingga dapat diketahui dampak penambahan bahan tambah sika fume terhadap kenaikan nilai kuat tekan beton porous.

Grafik hasil pengujian kuat tekan (Gambar 2) menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton porous pada umur 28 hari meningkat seiring penambahan kadar sika fume. Beton tanpa bahan tambah memiliki kuat tekan 15,42 MPa. Nilainya naik menjadi 16,74 MPa pada dosis 2,5% dan 17,93 MPa pada 3,5%. Peningkatan paling signifikan terjadi pada kadar 5,5% dengan kuat tekan 25,76 MPa. Pada dosis 6,5% terjadi penurunan menjadi 23,33 MPa, meskipun masih lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa tambahan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Hasil Kuat Tekan

Secara keseluruhan, grafik menggambarkan bahwa sika fume berdampak positif terhadap peningkatan nilai kuat tekan beton porous hingga batas tertentu. Peningkatan dari campuran normal hingga variasi 5,5% menandakan bahwa sika fume memperbaiki struktur mikro beton dengan mengisi pori-pori halus dan mempererat ikatan antara pasta semen dan agregat kasar.

Penurunan kuat tekan pada variasi 6,5% membuktikan bahwa dosis sika fume yang terlalu tinggi mengganggu keseimbangan antara porositas dan kekuatan beton. Kandungan berlebih berpotensi mengurangi efektivitas rongga pada beton porous, sehingga menurunkan kinerja mekanisnya. Mineral seperti sika fume umumnya meningkatkan kuat tekan beton porous hingga batas optimal tertentu, namun bila melebihi ambang tersebut, justru menurunkan performa mekanis dan mengganggu porositas ideal yang dibutuhkan (Paltanea dkk., 2020). Oleh karena itu, kadar 5,5% dapat ditetapkan sebagai dosis optimal sika fume dalam meningkatkan kuat tekan beton porous pada penelitian ini.

SIMPULAN

Proses pencampuran material sika fume ke dalam beton porous terbukti efektif meningkatkan kuat tekan di atas ambang minimum 14,5 MPa. Kuat tekan mengalami peningkatan progresif seiring penambahan kadar sika fume hingga mencapai titik optimal pada variasi 5,5% dengan nilai 25,76 MPa, kemudian mengalami penurunan pada variasi 6,5% menjadi 23,33 MPa. Penggunaan sika fume terbukti mampu memperbaiki struktur mikro beton tanpa mengeliminasi sifat porositasnya. Oleh karena itu, campuran sika fume pada beton porous dapat dikembangkan menjadi material konstruksi yang ramah lingkungan.

Pengujian parameter tambahan seperti ketahanan jangka panjang (durabilitas), resistansi abrasi, dan ketahanan terhadap beban dinamis perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran performa beton porous yang lebih komprehensif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi kombinasi sika fume dengan bahan substitusi lain seperti *fly ash* dan abu sekam padi

guna mendapatkan komposisi campuran yang lebih optimal. Validasi kondisi lapangan terhadap hasil laboratorium juga penting dilakukan untuk menjamin kesesuaian dengan kondisi lingkungan nyata. Evaluasi biaya produksi perlu dikaji lebih mendalam untuk menilai efisiensi ekonomi dari komposisi optimal yang ditemukan sebagai pertimbangan implementasi di industri konstruksi.

Perlu dilakukan pengujian parameter tambahan seperti durabilitas, ketahanan abrasi, dan ketahanan terhadap beban dinamis guna memperoleh gambaran performa beton porous yang lebih menyeluruh. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi kombinasi sika fume dengan bahan substitusi lain seperti *fly ash* dan abu sekam padi agar diperoleh komposisi campuran yang lebih optimal. Pengujian dalam kondisi lapangan nyata perlu dilakukan untuk memvalidasi hasil laboratorium terhadap kondisi lingkungan yang sesungguhnya. Analisis biaya produksi perlu dikaji lebih lanjut sehingga efisiensi ekonomis dari komposisi optimum yang ditemukan dapat dinilai sebagai pertimbangan penerapan di dunia konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

ACI-522R-10-(R2011)-1. (2010). *Report on pervious concrete*. American Concrete Institute.

Agus, I., & Aristo, L. O. F. (2018). *Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Zat Additif Sika Fume (Gradasi Lolos ½", Tertahan 3/8" dan Tertahan no 4)*. Forgotten Books.

Alqarni, A. S., Albidah, A., Abbas, H., Almusallam, T., & Al-Salloum, Y. (2022). Concrete Performance Produced Using Recycled Construction and By-Product Industrial Waste Coarse Aggregates. *Materials*, *15*(24). https://doi.org/10.3390/ma15248985

Cahyono, D. budi, Pratikso, P., Adi, H. P., & Wahyudi, I. (2023). Campuran Expanded Polystyrene System (Styrofoam) Untuk Beton Ringan. *Teknika*, *18*(2), 95–103. https://doi.org/10.26623/teknika.v18i2.7839

Cho, S. W., Cho, S. E., & Brand, A. S. (2024). A Meta-Analysis of the Effect of Moisture Content of Recycled Concrete Aggregate on the Compressive Strength of Concrete. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(8). https://doi.org/10.3390/app14083512

Eka Putri, E., Ismeddiyanto, & Suryanita, R. (2019). Sifat Fisik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, *13*, 1–8.

Ghozi, M., Budiati, A., & Aziz, H. Y. (2024). Perilaku Penambahan Zat Aditif Superplastizer (Sika Viscocrete) pada Beton Porous. *Inter Tech*, *2*.

Hamzah, M. S., & Rochmah, N. (2025). Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas pada Beton Porus. *Jurnal Sains dan Teknologi (JSIT)*, *5*(3), 558–563. https://doi.org/10.47233/jsit.v5i2.3810

Hosen, K., Maruf, M. A. Al, Howlader, R., Chakma, K., & Mia, M. R. (2024). Concrete Strength and Aggregate Properties: In-Depth Analysis of Four Sources. *Civil Engineering Journal (Iran)*, *10*(4), 1254–1264. https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-04-016

Kamil, F., & Kurnila, N. (2023). Pengujian Awal Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen dan Air: Fondasi Penelitian Beton Berkualitas. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, *XI*(2).

Liu, K., Yu, W., Jin, L., Zhang, R., & Du, X. (2025). Influence of Moisture Content on Compressive Properties of Concrete at Cryogenic Temperatures: Tests and Formulations. *Journal of Building Engineering*, *100*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111771

Liyanage, S., & Dia, H. (2020). An Agent-Based Simulation Approach for Evaluating the Performance of On-Demand Bus Services. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(10). https://doi.org/10.3390/su12104117

Menteri Pekerjaan Umum. (1990). *SNI T-15-1990-03 Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

Paltanea, G., Manescu Paltanea, V., Stefanoiu, R., Nemoianu, I. V., & Gavrila, H. (2020). Correlation Between Magnetic Properties and Chemical Composition of Non-Oriented Electrical Steels Cut through Different Technologies. *Materials*, *13*(6). https://doi.org/10.3390/ma13061455

Prakash, P., & Daniyal, M. (2025). Effect of Different Aggregate Gradation on the Properties of Pervious Concrete. *AMC Indian Journal of Civil Engineering*, *8*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.17010/ijce/2025/v8il/175187

Purba, R. H. T. (2023). *Analisis Kuat Tekan dan Laju Infiltrasi pada Beton Porous*.

Purwanto, P., Rahmawati, D., & Sutarno, S. (2021). Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. *Teknika*, *16*(2), 49–57. https://doi.org/10.26623/teknika.v16i2.4224

Rangan, P. R. (2023). Pengaruh Pemanfaatan Cornice Adhesive sebagai Bahan Tambah terhadap Kuat Tarik Belah Beton Berpori. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *7*.

SNI 7656-2012. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*.

Suwiyono, T. C., Purwanto, P., & Kustirini, A. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton dengan Agregat Pasir dari Boyolali Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Pembakaran Kayu dan Serbuk Halus Arang Briket. *Teknika*, *13*(2), 47–52. https://doi.org/10.26623/teknika.v13i2.1314

Ximenes, J., Jesus, C., Aguiar, J., & Pais, J. (2022). Mix Design and Physical and Mechanical Properties of Pervious Concretes. *Materiales de Construccion*, *72*(348). https://doi.org/10.3989/mc.2022.292722