

Pengaruh Substitusi Parsial Abu Kulit Durian Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton dengan Agregat Halus Asal Palembayan

Urip Budi Prastio, Deddy Kurniawan^{ID}, Zuheldi^{ID}

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, Indonesia

Abstrak. Beton merupakan material konstruksi utama yang tersusun atas semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, namun tingginya konsumsi semen Portland berkontribusi besar terhadap emisi karbon dioksida global sehingga diperlukan material substitusi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi parsial abu kulit durian terhadap kuat tekan dan porositas beton yang menggunakan agregat halus asal Palembayan, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi substitusi abu kulit durian sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen pada beton mutu rencana K-250, menggunakan benda uji kubus berukuran 15×15×15 cm sebanyak 3 buah untuk setiap variasi, yang diuji kuat tekan dan porositasnya pada umur 7 hari mengacu pada SNI dan ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi 5% abu kulit durian memberikan hasil terbaik, dengan kuat tekan sebesar 15,03 MPa dan porositas sebesar 5,58%, lebih baik dibandingkan beton normal (14,45 MPa; 5,88%). Peningkatan substitusi menjadi 10%, 15%, dan 20% justru menurunkan kuat tekan menjadi berturut-turut 14,51 MPa, 13,60 MPa, dan 12,29 MPa, serta meningkatkan porositas menjadi 5,88%, 6,84%, dan 7,44%. Dengan demikian, substitusi abu kulit durian sebesar 5% dari berat semen merupakan kadar optimum yang mampu meningkatkan kuat tekan sekaligus menurunkan porositas beton pada umur pengujian 7 hari.

Kata kunci: abu kulit durian; substitusi semen; kuat tekan beton; porositas beton; agregat Palembayan.

*Penulis Korespondensi : budiprashter@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi utama yang tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air sebagaimana didefinisikan dalam ASTM C125, serta digunakan secara luas pada hampir seluruh jenis infrastruktur di Indonesia, seperti jembatan, gedung, jalan raya, dan bangunan perumahan. Namun, meningkatnya kebutuhan beton berdampak pada meningkatnya konsumsi semen Portland yang merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi karbon dioksida (CO_2) di sektor konstruksi, bahkan diperkirakan menyumbang sekitar 7–8% dari total emisi CO_2 global (Irvan et al., 2026). Semen berfungsi sebagai bahan pengikat utama dalam beton (Tjokrodinuljo, 2007), namun proses produksinya memberikan dampak negatif terhadap lingkungan (Mehta & Monteiro, 2014; Akbar & Berito, 2022), sehingga diperlukan inovasi material substitusi semen yang lebih ramah lingkungan dan mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan material pozzolan, yaitu bahan yang mengandung silika dan alumina yang dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dalam beton untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Penelitian mengenai pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan pozzolan—seperti abu sekam padi, abu ampas tebu, dan abu cangkang sawit—telah banyak dilakukan dan terbukti dapat meningkatkan kuat tekan beton sekaligus mengurangi permasalahan lingkungan akibat penumpukan limbah organik. Indonesia sendiri merupakan salah satu produsen durian terbesar di Asia Tenggara dengan produksi mencapai sekitar 1,8 juta ton per tahun, di mana sekitar 70–80% dari bagian buah berupa kulit dan biji berpotensi menjadi limbah organik dalam jumlah besar (Fynnisa et al., 2022). Kulit durian diketahui mengandung selulosa sekitar 60,45%, lignin 15,45%, serta abu mineral 4,35%, yang setelah melalui proses pembakaran menghasilkan material dengan karakteristik menyerupai pozzolan sehingga berpotensi digunakan sebagai substitusi parsial semen (Wiranda et al., 2026), sejalan dengan pandangan Mehta & Monteiro (2014) bahwa material pozzolanik berbasis biomassa mampu meningkatkan densifikasi struktur beton melalui pembentukan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) tambahan.

Kajian terdahulu menunjukkan hasil yang bervariasi. (Husna et al., 2024) melaporkan bahwa substitusi 9% abu kulit durian pada *paving block* menurunkan porositas menjadi 5,03% dan meningkatkan kekedapan beton, sedangkan (Fynnisa et al., 2022) menemukan bahwa substitusi 9% abu kulit durian yang dikombinasikan dengan *fly ash* pada beton K-300 justru menurunkan kuat tekan, yang mengindikasikan reaksi pozzolanik belum optimal. Penelitian lain oleh (Fuad et al., 2014) juga melaporkan bahwa penambahan serat kulit durian pada beton mutu K-175 turut memengaruhi kuat tekan dan kuat tarik belah, yang menegaskan bahwa bentuk pemanfaatan kulit durian—baik sebagai abu maupun serat—memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap sifat mekanik beton. Variasi hasil antarpelitian ini dipengaruhi oleh perbedaan komposisi campuran, jenis beton dan metode uji, karakteristik abu durian (suhu kalsinasi, kehalusan, kandungan mineral), kondisi *curing*, serta proporsi substitusi yang digunakan (Wiranda et al., 2026). Di sisi lain, penelitian mengenai pemanfaatan

abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen yang dikombinasikan dengan agregat halus lokal asal Palembayan, Kabupaten Agam, Sumatera Barat, masih sangat terbatas, padahal pasir Palembayan merupakan material lokal yang banyak digunakan pada pekerjaan konstruksi di wilayah tersebut. Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi penggunaan abu kulit durian sebagai substitusi parsial semen dengan agregat halus lokal asal Palembayan, yang belum banyak dikaji pada penelitian sebelumnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh substitusi parsial abu kulit durian terhadap kuat tekan beton dengan agregat halus asal Palembayan, (2) mengetahui pengaruhnya terhadap porositas beton, (3) menentukan kadar substitusi optimum yang menghasilkan kuat tekan terbaik, dan (4) menganalisis hubungan antara porositas dan kuat tekan beton akibat penggunaan abu kulit durian. Penelitian ini bersifat eksploratif-eksperimental sehingga tidak dirumuskan hipotesis formal di awal penelitian; ekspektasi yang mendasarinya adalah bahwa substitusi abu kulit durian pada kadar rendah akan meningkatkan kuat tekan dan menurunkan porositas melalui reaksi pozzolanik, sedangkan pada kadar berlebih justru menurunkan mutu beton akibat berkurangnya semen aktif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen laboratorium terhadap benda uji beton. Semen pada campuran beton disubstitusi sebagian dengan abu kulit durian yang telah lolos saringan No. 200, dengan variasi persentase substitusi sebesar 0% (beton normal), 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen.

Pengujian material dan benda uji beton dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Bukittinggi, sedangkan limbah kulit durian diperoleh dari pedagang durian di Kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Material penyusun beton yang digunakan meliputi semen *Portland Composite Cement* (PCC) Tipe I merek Semen Padang, agregat halus dan agregat kasar dari *quarry* Palembayan, Kabupaten Agam, air bersih, serta abu kulit durian. Sebelum digunakan, seluruh material diperiksa sifat fisiknya, meliputi berat jenis (semen dan abu kulit durian), berat volume, *specific gravity*, kadar air, kadar lumpur, dan analisis saringan (gradasi), yang secara umum menunjukkan bahwa material telah memenuhi persyaratan SNI dan ASTM untuk digunakan sebagai bahan penyusun beton normal mutu K-250.

Persiapan abu kulit durian dilakukan melalui proses pencucian dan pembakaran kulit durian hingga menjadi abu. Abu yang digunakan dalam campuran beton merupakan abu yang lolos saringan No. 200, sesuai batasan material penelitian.



Gambar 1: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Perencanaan komposisi campuran beton (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000, dengan parameter perencanaan meliputi slump rencana 10 cm, kuat tekan rencana beton umur 7 hari sebesar 14,53 MPa, modulus kehalusan agregat halus 2,63, ukuran maksimum agregat kasar 20 mm, serta nilai *specific gravity* dan berat isi masing-masing agregat. Berdasarkan komposisi tersebut, jumlah semen pada tiap variasi dikurangi secara proporsional seiring meningkatnya persentase substitusi abu kulit durian, sementara proporsi agregat halus, agregat kasar, dan air dijaga tetap. Benda uji dicetak berbentuk kubus berukuran 15×15×15 cm, masing-masing sebanyak 3 buah untuk setiap variasi substitusi (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%), sehingga total benda uji berjumlah 15 buah. Sifat beton segar diperiksa melalui pengujian slump mengacu pada SNI 1972-2008. Nilai slump rencana yang digunakan dalam *mix design* adalah 10 cm. Pengujian sifat beton keras dilakukan pada umur 7 hari, meliputi:

Komposisi campuran untuk satu benda uji kubus 15×15×15 cm disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1: Komposisi campuran untuk satu benda uji kubus 15×15×15 cm

Variasi	Abu kulit durian (kg)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (L)
0% (Normal)	0,00	1,26	1,86	3,12	0,68
5%	0,06	1,20	1,86	3,12	0,68
10%	0,13	1,14	1,86	3,12	0,68
15%	0,19	1,07	1,86	3,12	0,68
20%	0,25	1,01	1,86	3,12	0,68

1. Pengujian kuat tekan, dilakukan dengan menimbang dan mengukur dimensi benda uji, kemudian membebani benda uji menggunakan mesin uji tekan hingga mengalami keretakan, lalu mencatat beban maksimum. Kuat tekan dihitung dengan persamaan:

$$F'c = P / A \quad (1)$$

dengan $F'c$ adalah kuat tekan beton (MPa), P adalah beban maksimum (N), dan A adalah luas penampang benda uji (mm²).

2. Pengujian porositas, mengacu pada prinsip ASTM C642, dilakukan dengan menimbang berat benda uji dalam kondisi kering oven (W_1), kemudian merendam benda uji selama 24 jam hingga jenuh air dan menimbang beratnya dalam kondisi jenuh permukaan kering/SSD (W_2). Nilai porositas dihitung dengan persamaan:

$$\text{Porositas (\%)} = [(W_2 - W_1) / (W_2 - W_3)] \times 100\% \quad (2)$$

dengan W_3 adalah berat benda uji dalam kondisi terendam air.

Data hasil pengujian kuat tekan dan porositas untuk setiap variasi substitusi selanjutnya dianalisis secara deskriptif-kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata antarvariasi, yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menentukan kecenderungan pengaruh serta kadar substitusi optimum.

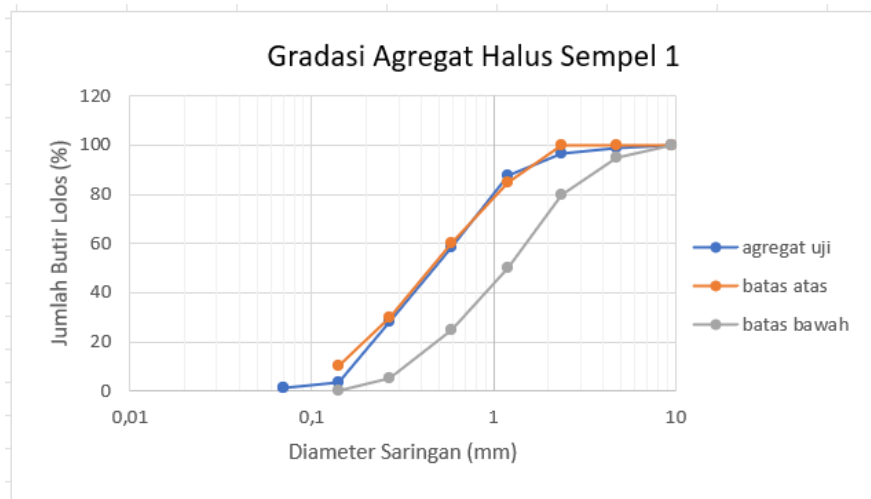
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Material dan Komposisi Campuran

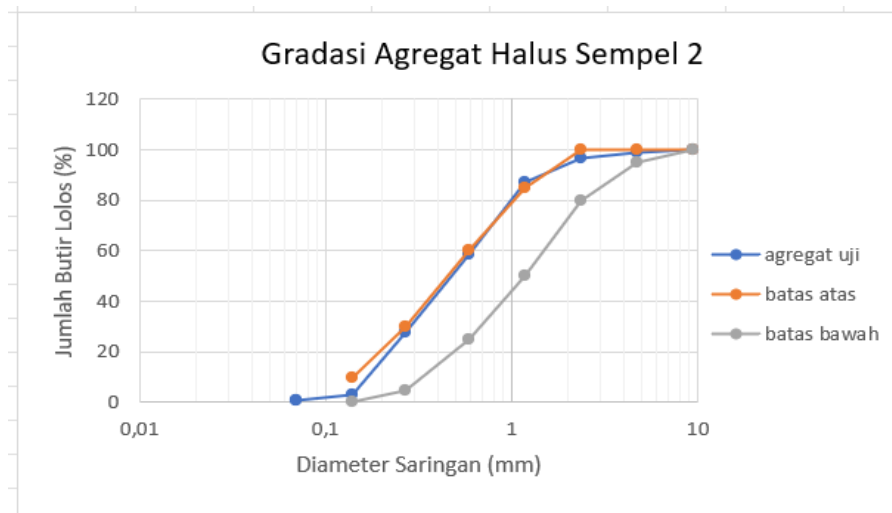
Hasil pemeriksaan material menunjukkan berat jenis semen sebesar 2,83 (SNI 15-2531-1991) dan berat jenis abu kulit durian sebesar 2,20, yang keduanya berada pada rentang yang memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton. Agregat halus Palembang memiliki berat volume rata-rata 0,935 kg/liter (kondisi padat) dan 1,371 kg/liter (kondisi gembur), *specific gravity* SSD sebesar 2,509 dengan penyerapan air 5,97% (SNI 03-1970-1990), sedangkan agregat kasar memiliki berat volume rata-rata 1,45–1,61 kg/liter dengan *specific gravity* SSD sebesar 1,81–2,48 dan penyerapan air 3,01–3,22% (SNI 03-1969-1990). Hasil analisis saringan menunjukkan gradasi kedua jenis agregat berada dalam batas gradasi yang disyaratkan (SNI 03-1968-1990) sehingga layak digunakan sebagai bahan penyusun beton. Pemeriksaan kadar air agregat mengacu pada SNI 03-1971-1990 menunjukkan nilai rata-rata sebesar 12,61% untuk agregat halus dan 5,82% untuk agregat kasar, yang digunakan sebagai dasar koreksi kebutuhan air pada perencanaan campuran beton. Kadar lumpur agregat halus tercatat sebesar 4,95%, masih berada di bawah batas maksimum yang diisyaratkan sebesar 5%, sejalan dengan pentingnya kebersihan agregat terhadap kualitas dan kekuatan beton (Marzuandi, 2025). Sementara itu, kadar bahan lolos saringan No. 200 pada agregat halus sebesar 3,08% mengacu pada SNI 03-4142-1996, menunjukkan kandungan material halus (*silt*/lumpur) yang tidak berlebihan sehingga tidak mengganggu ikatan antara pasta semen dan agregat.

Berdasarkan hasil *mix design* mengacu SNI 03-2834-2000, jumlah semen yang dibutuhkan berkurang secara proporsional seiring meningkatnya persentase substitusi abu kulit durian, sementara proporsi agregat halus, agregat kasar, dan air dipertahankan tetap pada seluruh variasi, sehingga pengaruh substitusi terhadap kuat tekan dan porositas beton dapat dievaluasi secara terkontrol.

Kelayakan agregat halus juga dievaluasi melalui kurva gradasi hasil analisis saringan pada dua sampel uji, yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2: Kurva Gradasi Agregat Halus Sempel 1



Gambar 3: Kurva gradasi agregat halus sampel 2

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, kurva gradasi kedua sampel agregat halus berada di antara batas atas dan batas bawah yang disyaratkan pada seluruh ukuran saringan, dengan pola sebaran butiran yang hampir identik antara sampel 1 dan sampel 2. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus Palembang yang digunakan memiliki distribusi ukuran butiran yang seragam dan memenuhi syarat gradasi untuk digunakan sebagai bahan penyusun beton.

3.2 Pengaruh Substitusi Abu Kulit Durian terhadap Kuat Tekan Beton

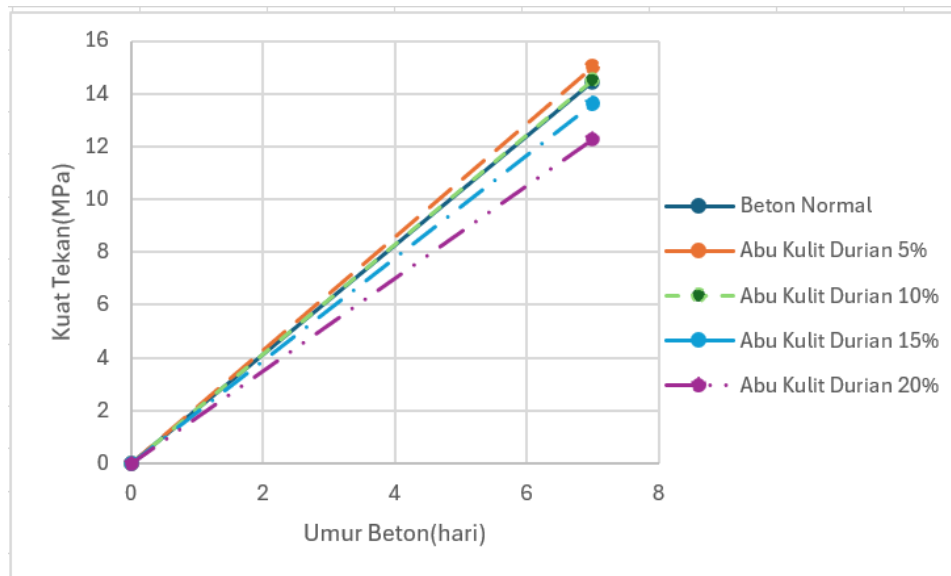
Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari untuk setiap variasi substitusi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2: Hasil rata-rata kuat tekan beton umur 7 hari untuk setiap variasi substitusi abu kulit durian

Variasi Substitusi	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0% (Normal)	14,45
5%	15,03
10%	14,51
15%	13,60
20%	12,29

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton meningkat pada substitusi abu kulit durian sebesar 5%, kemudian menurun secara konsisten pada variasi 10%, 15%, dan 20%. Peningkatan kuat tekan pada substitusi 5% menunjukkan bahwa dalam jumlah kecil, abu kulit durian mampu berperan sebagai bahan pengisi (*filler*) sekaligus bereaksi secara pozzolanik dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen, sehingga menghasilkan tambahan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memadatkan struktur beton (Mehta & Monteiro, 2014; Neville, 2011). Sebaliknya, pada substitusi di atas 5%, penurunan kuat tekan terjadi karena berkurangnya jumlah semen aktif yang tersedia untuk reaksi hidrasi, sementara reaktivitas pozzolanik abu kulit durian belum cukup untuk menggantikan peran pengikatan semen yang berkurang tersebut. Kecenderungan ini sejalan dengan temuan Fynnisa et al. (2022) yang melaporkan penurunan kuat tekan pada substitusi abu kulit durian yang dikombinasikan dengan *fly ash* pada beton K-300, yang mengindikasikan bahwa reaksi pozzolanik abu durian sangat dipengaruhi oleh proporsi substitusi, karakteristik pembakaran, dan tingkat kehalusan partikelnya (Wiranda et al., 2026).

Untuk memperjelas tren perkembangan kuat tekan beton terhadap umur pengujian pada tiap variasi substitusi, hubungan tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



Gambar 4: Grafik kuat tekan beton pada berbagai variasi substitusi abu kulit durian

Berdasarkan hasil pengujian pada umur 7 hari, substitusi 5% menghasilkan kuat tekan tertinggi, sedangkan peningkatan substitusi hingga 10%, 15%, dan 20% menyebabkan kuat tekan menurun. Dengan demikian, pada rentang variasi yang diuji, kadar 5% menunjukkan kinerja paling baik.

3.3 Pengaruh Substitusi Abu Kulit Durian terhadap Porositas Beton

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui persentase volume rongga (*void*) di dalam beton, yang menjadi salah satu indikator penting durabilitas beton karena berkaitan dengan kemampuan beton menahan penetrasi air dan zat agresif dari lingkungan. Hasil rata-rata pengujian porositas dan daya serap air disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Rata-rata hasil pengujian porositas dan daya serap air beton umur 7 hari

Variasi Substitusi	Porositas Rata-Rata (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
0% (Normal)	5,88	2,59
5%	5,58	2,47
10%	5,88	2,58
15%	6,84	3,01
20%	7,44	3,30

Tabel 3 dan Tabel 2 menunjukkan adanya korelasi terbalik antara kuat tekan dan porositas beton: variasi substitusi 5% yang menghasilkan kuat tekan tertinggi juga menghasilkan porositas dan daya serap air terendah. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan abu kulit durian dalam jumlah kecil mampu meningkatkan kerapatan beton melalui efek pengisian pori dan reaksi pozzolanik pembentuk C-S-H, sehingga struktur beton menjadi lebih padat. Pada substitusi 10%, nilai porositas relatif setara dengan beton normal, sedangkan pada substitusi 15% dan 20% porositas serta daya serap air meningkat cukup signifikan, yang disebabkan oleh berkurangnya jumlah semen aktif sehingga pasta semen tidak lagi cukup untuk mengisi rongga antarbutir agregat. Temuan ini konsisten dengan hasil

Husna et al. (2024) yang menunjukkan bahwa substitusi abu kulit durian pada kadar rendah mampu menurunkan porositas *paving block*, serta selaras dengan prinsip umum bahwa material pozzolanik pada kadar optimal dapat menurunkan penyerapan kapiler dan meningkatkan densifikasi mikrostruktur beton.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa substitusi 5% abu kulit durian merupakan kadar optimum yang menjawab rumusan masalah penelitian, karena secara bersamaan meningkatkan kuat tekan dan menurunkan porositas beton dibandingkan beton normal. Keterbatasan penelitian ini terletak pada interval variasi substitusi yang masih relatif besar (5%) dan umur pengujian yang terbatas pada 7 hari, sehingga kadar optimum yang lebih presisi maupun perkembangan reaksi pozzolanik pada umur yang lebih panjang belum dapat diketahui secara pasti.

3.4 Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Beton

Untuk memperkuat hubungan antara porositas dan kuat tekan, dilakukan analisis korelasi berdasarkan lima nilai rata-rata variasi. Hasil menunjukkan koefisien korelasi Pearson $r = -0.983$, yang menunjukkan hubungan negatif sangat kuat, dengan $R^2 = 0.966$. Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $f'c = 22.48 - 1.34P$, dengan $f'c$ dalam MPa dan P adalah porositas dalam persen. Hasil ini menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan porositas diikuti penurunan kuat tekan pada rentang data penelitian. Analisis ini bersifat deskriptif berdasarkan lima nilai rata-rata variasi dan tidak dimaksudkan sebagai uji inferensial terhadap populasi yang lebih luas.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi parsial abu kulit durian sebagai pengganti sebagian semen berpengaruh terhadap kuat tekan dan porositas beton yang menggunakan agregat halus asal Palembang. Substitusi sebesar 5% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu 15,03 MPa pada umur 7 hari, lebih tinggi dibandingkan beton normal (14,45 MPa), sekaligus menghasilkan porositas terendah sebesar 5,58%, lebih rendah dibandingkan beton normal (5,88%). Peningkatan kadar substitusi menjadi 10%, 15%, dan 20% justru menurunkan kuat tekan berturut-turut menjadi 14,51 MPa, 13,60 MPa, dan 12,29 MPa, serta meningkatkan porositas menjadi 5,88%, 6,84%, dan 7,44%. Dengan demikian, kadar substitusi abu kulit durian yang paling optimum pada penelitian ini adalah 5% dari berat semen, sedangkan penggunaan di atas kadar tersebut cenderung menurunkan mutu beton. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan interval variasi substitusi yang lebih kecil serta umur pengujian yang lebih panjang (14, 21, atau 28 hari) untuk memperoleh kadar optimum yang lebih presisi dan memahami perkembangan reaksi pozzolanik abu kulit durian secara lebih

menyeluruh, dengan tetap memperhatikan pengendalian mutu material dan proses pencampuran secara konsisten.

Dibandingkan beton normal, substitusi 5% meningkatkan kuat tekan dari 14,45 MPa menjadi 15,03 MPa (peningkatan sekitar 4,01%) dan menurunkan porositas dari 5,88% menjadi 5,58% (penurunan sekitar 5,10%). Sebaliknya, pada substitusi 20%, kuat tekan turun sekitar 14,95% menjadi 12,29 MPa, sedangkan porositas meningkat sekitar 26,53% menjadi 7,44%. Perbandingan ini memperjelas bahwa kadar 5% merupakan titik terbaik dalam rentang variasi yang diteliti.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Ir. Deddy Kurniawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Ir. Zuheldi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan dan masukan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik serta dosen pembimbing akademik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat atas dukungan yang diberikan.

6. REFERENSI

- Akbar, M., & Berito, N. (2022). Dampak perkembangan dan proses pembuatan semen pada PT Semen Baturaja. *Dampak perkembangan dan proses pembuatan semen*, 619–638.
- American Concrete Institute. (n.d.). *About ACI*. Retrieved August 5, 2026, from <https://www.concrete.org/aboutaci>
- ASTM International. (n.d.). *ASTM C125: Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates*.
- ASTM International. (1985). *ASTM C150: Standard specification for Portland cement*.
- ASTM International. (n.d.). *ASTM C642: Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*.
- Azhari, A., & Prabowo, Y. S. (2025). Analisis penambahan serat kulit durian dan limbah biji plastik untuk campuran beton, 810–818. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2843>
- F., F. (2012). Korosi pada beton bertulang dan pencegahannya.
- Fuad, I. S., Johan, B., & Saputra, M. (2014). Pengaruh penambahan serat kulit durian terhadap kuat tekan dan tarik belah pada mutu beton K-175. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2(1).
- Fynnisa, Z., Irwansyah, M., & Handayani, P. (2022). Pemanfaatan kulit durian sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton K-300. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 6(1), 92–96. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v6i1.6843>
- Fynnisa, Z., Putri, H. P., Irwansyah, M., & Hermansyah, H. (2022). Pengaruh penambahan kulit buah durian dan abu *fly ash* sawit terhadap kuat tekan

- beton K-300. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 8(2), 64–68. <https://doi.org/10.24114/ebiptbs.v8i2DES.42119>
- Halawa, O., Hulu, W., Pembinaan, U., Indonesia, M., & Medan, K. (2024). *Jurnal dunia pendidikan*, 4, 1716–1730.
- Husna, A. F., Apriliawan, V. D., Fauziyah, S., & Hartono, H. (2024). Pengaruh abu limbah kulit durian sebagai bahan substitusi semen pada *paving block*. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 7(2), 57–60. <https://doi.org/10.14710/potensi.2024.23099>
- Irvan, M., Wijayanto, A., & Prabowo, Y. S. (2026). Pengaruh abu kulit durian sebagai bahan tambah dan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton K-175, 1–8. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.3026>
- Marzuandi, L. (2025). Pengaruh Kebersihan Agregat terhadap Kualitas dan Kekuatan Beton. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1).
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education. ISBN 978-0-273-75580-7.
- SNI 03-1968-1990. (1990). *Metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990. (1990). *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990. (1990). *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990. (1990). *Metode pengujian kadar air agregat*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990. (1990a). *Metode pengujian kuat tekan beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990. (1990b). *Metode pengujian pozzolan*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4142-1996. (1996). *Metode uji kadar bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2531-1991. (1991). *Metode pengujian berat jenis semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1972-2008. (2008). *Cara uji slump beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi beton*. Yogyakarta.
- Wiranda, D. P., Agustina, S., Konstruksi, R., Gedung, B., & Jakarta, U. N. (2026). Tinjauan literatur pemanfaatan limbah kulit durian sebagai bahan pengganti semen dalam beton, 10, 1544–1550.