

Pengaruh Substitusi Limbah Granit dan Limbah Botol Kaca terhadap Kuat Tekan, Slump, dan Daya Serap Beton dengan Penambahan Sikacim

Eka Krisnanto¹, Agyanata Tua Munthe^{2*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana Jakarta, Indonesia, ekakrisnanto26@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana Jakarta, Indonesia, agyanata_tua@mercubuana.ac.id

*Penulis korespondensi, email: agyanata_tua@mercubuana.ac.id

Abstrak— Upaya pengembangan beton ramah lingkungan menjadi fokus dalam industri konstruksi modern, salah satunya dengan memanfaatkan limbah padat seperti limbah granit dan limbah botol kaca sebagai substitusi agregat kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi kedua limbah tersebut dengan penambahan bahan aditif Sikacim terhadap kuat tekan, nilai slump, dan daya serap air beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan tujuh variasi campuran trial mix, menggunakan silinder beton berukuran 15 cm × 30 cm, dan mengacu pada mutu beton f'c 30 MPa. Pengujian dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa substitusi 3% limbah kaca dan 8% limbah granit dengan penambahan 1% Sikacim menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 46,89 MPa, slump maksimum 11 cm, serta daya serap air terendah sebesar 0,80%. Kombinasi ini terbukti mampu meningkatkan kinerja beton sekaligus mengurangi potensi pencemaran lingkungan. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk mengeksplorasi variasi kadar Sikacim dan ukuran partikel limbah guna memperoleh hasil yang lebih optimal.

Kata kunci: limbah botol kaca, limbah granit, SikaCim, kuat tekan beton, slump, daya serap air beton

This article is licensed under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

1. Pendahuluan

Industri konstruksi modern semakin dituntut untuk menggunakan material yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga ramah lingkungan. Beton sebagai material utama dalam infrastruktur banyak digunakan karena keunggulannya dalam kekuatan tekan dan kemudahan pelaksanaan. Namun, tantangan yang muncul adalah tingginya penggunaan sumber daya alam seperti agregat kasar dan semen yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan [1], [2]. Di sisi lain, peningkatan limbah anorganik seperti kaca dan granit dari kegiatan rumah tangga dan industri turut menjadi persoalan serius karena sifatnya yang sulit terurai dan cenderung mencemari lingkungan jika tidak ditangani secara tepat [3], [4].

Sejalan dengan permasalahan tersebut, muncul pertanyaan kritis: bagaimana pengaruh substitusi limbah botol kaca dan limbah granit terhadap sifat mekanik dan fisik beton? Apakah penambahan bahan aditif seperti Sikacim dapat meningkatkan performa beton yang telah mengalami substitusi agregat kasar tersebut? Penelitian ini mencoba menjawab persoalan tersebut dengan pendekatan eksperimental pada variasi komposisi limbah dan aditif dalam campuran beton, serta melakukan pengujian kuat tekan, nilai slump, dan daya serap air sebagai parameter evaluatif utama [5]–[7].

Urgensi penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan beton ramah lingkungan (green concrete), yang merupakan solusi berkelanjutan dalam industri konstruksi. Penggunaan limbah sebagai substitusi material bukan hanya mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam, tetapi juga mengurangi beban pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh limbah kaca dan granit [8], [9]. Lebih lanjut, pemanfaatan bahan aditif seperti Sikacim mampu meningkatkan performa beton pada aspek workability dan daya tahan, sebagaimana telah dikaji dalam berbagai penelitian sebelumnya [10]–[12].

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada kombinasi simultan penggunaan limbah botol kaca sebesar 3% dan variasi limbah granit (3%, 5%, dan 8%) sebagai substitusi agregat kasar, disertai penambahan Sikacim (0,9% dan 1%) sebagai bahan aditif untuk meningkatkan kualitas beton. Meskipun beberapa studi telah mengeksplorasi pemanfaatan satu jenis limbah atau penambahan aditif secara terpisah, kajian yang secara sistematis menggabungkan ketiga variabel ini dalam satu pengujian laboratorium masih sangat terbatas [13]–[15]. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang lebih menyeluruh terhadap interaksi antar bahan dalam struktur mikro beton serta implikasinya terhadap performa makro seperti kekuatan tekan dan daya serap air [16], [17].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh substitusi limbah granit dan limbah botol kaca terhadap kuat tekan, nilai slump, dan daya serap beton dengan penambahan bahan aditif Sikacim. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan beton ramah lingkungan yang tetap memenuhi standar kekuatan dan ketahanan, sekaligus sebagai kontribusi ilmiah dalam mendukung praktik konstruksi berkelanjutan [18]–[20].

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengevaluasi pengaruh substitusi limbah granit (LG) dan limbah botol kaca (LK) terhadap kuat tekan, nilai slump, dan daya serap air beton dengan penambahan bahan aditif Sikacim (SC). Beton normal dengan mutu rencana $f'c = 30$ MPa digunakan sebagai kontrol, yang kemudian dibandingkan dengan enam variasi campuran beton yang mengalami substitusi material. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana limbah LG dan LK, dengan variasi kadar serta penambahan SC, memengaruhi karakteristik beton secara mekanik dan fisik.

Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 15 cm × 30 cm, yang masing-masing diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari setelah dilakukan curing. Total benda uji sebanyak 63 sampel. Komposisi campuran masing-masing variasi ditunjukkan dalam Tabel 1, yang terdiri dari satu beton normal (BN) dan enam variasi kombinasi LG dan LK masing-masing sebesar 3%, 5%, dan 8% dengan dua kadar SC, yaitu 0,9% dan 1%.

Tabel 1. Komposisi Campuran

No.	Batu Pecah	Pasir	Air	Semen	Limbah Granit	Limbah Botol Kaca	Sikacim	Notasi	Jumlah Sampel
	a	b	c	d	-	-	-	BN	9
1	72%	b	c	d	3%	3%	0,9%	LG 3	9
								ABJ 4	
								SC 0,7	
2	70%	b	c	d	5%	3%	0,9%	LG 5	9
								ABJ 4	
								SC 0,7	
3	67%	b	c	d	8%	3%	0,9%	LG 8	9
								ABJ 4	
								SC 0,7	
4	72%	b	c	d	3%	3%	1%	LG 3	9
								ABJ 4	
								SC 0,7	

No.	Batu Pecah	Pasir	Air	Semen	Limbah Granit	Limbah Botol Kaca	Sikacim	Notasi	Jumlah Sampel
	a	b	c	d	-	-	-	BN	9
5	70%	b	c	d	5%	3%	1%	LG 3 ABJ 4	9
6	67%	b	c	d	8%	3%	1%	SC 0,7 LG 3 ABJ 4	9
Total Benda Uji									63

Keterangan:

b, c, dan d menunjukkan takaran tetap untuk pasir, air, dan semen sesuai mix design.

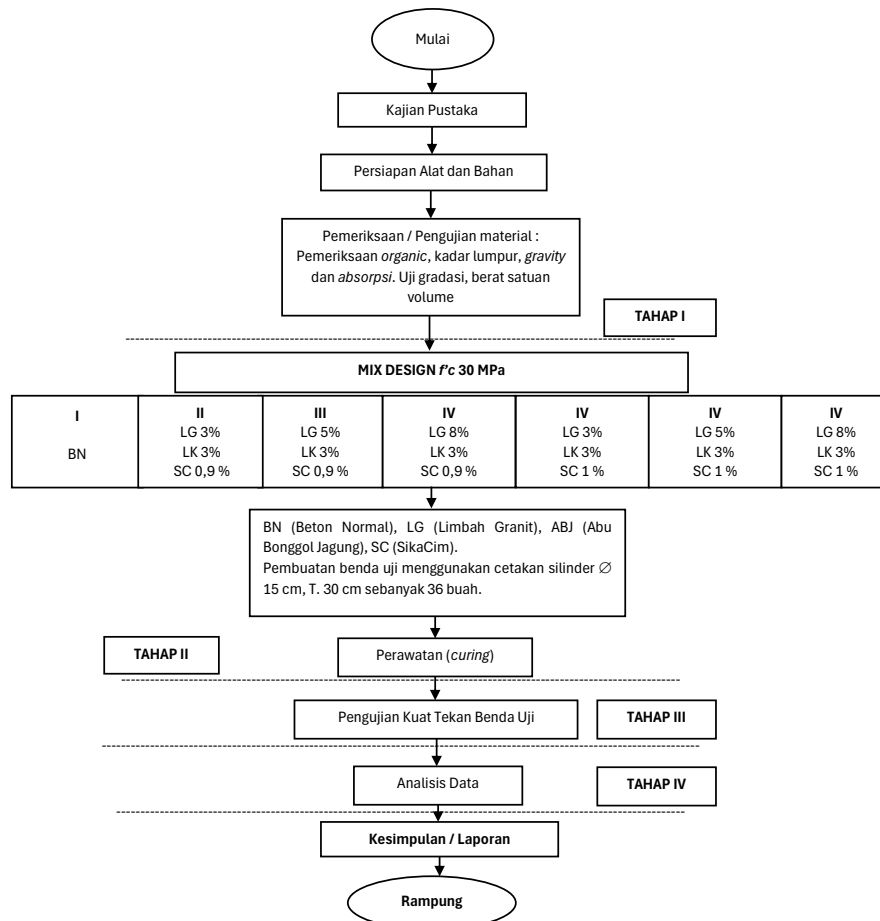
BN: Beton Normal

LG: Limbah Granit

LK: Limbah Botol Kaca

SC: Sikacim

Seluruh proses pengujian dilakukan di UPTD Laboratorium Konstruksi, Dinas Sumber Daya Air, Bina Marga dan Bina Konstruksi Kota Tangerang Selatan, beralamat di Jl. Promoter No. 3 Kawasan Perkantoran Lengkong Wetan, Kecamatan Serpong. Kegiatan penelitian diawali dengan kajian pustaka, dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan, pengujian karakteristik material, pencampuran beton, perawatan sampel, dan pengujian laboratorium. Proses lengkap pelaksanaan penelitian divisualisasikan dalam Diagram Alir Penelitian pada Gambar 1.

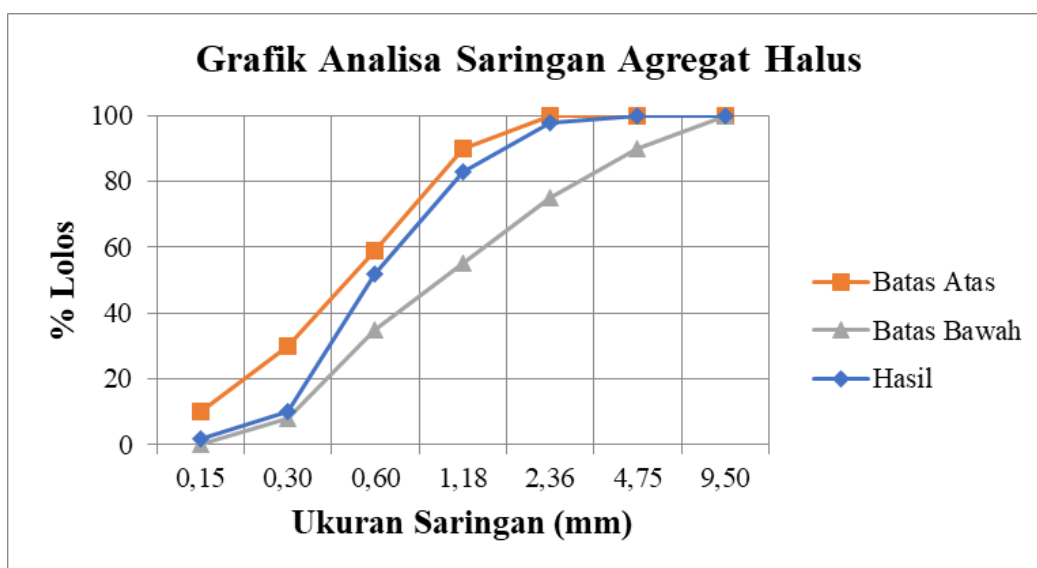


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

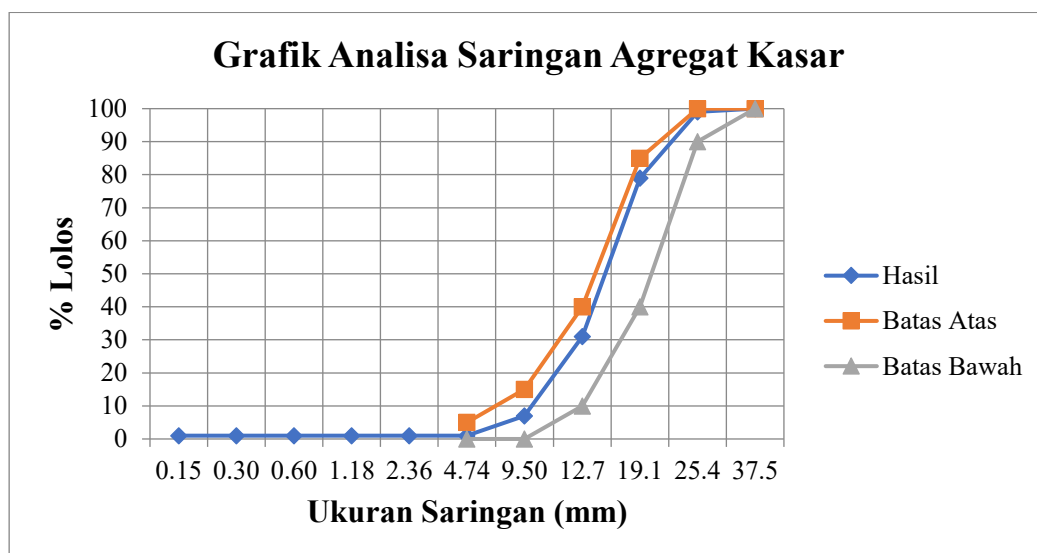
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini diawali dengan pengujian karakteristik material penyusun beton untuk memastikan kelayakan agregat halus dan kasar dalam campuran. Hasil uji analisa saringan menunjukkan bahwa agregat halus memiliki modulus kehalusan sebesar 2,57%, sesuai dengan batas SNI 7656:2012 yaitu antara 1,50% hingga 3,80%, sehingga agregat ini layak digunakan (Gambar 2). Sementara itu, agregat kasar yang digunakan berupa batu split dengan ukuran maksimum 25 mm juga telah memenuhi syarat gradasi sesuai standar (Gambar 3).

Kandungan kadar air dalam agregat turut diuji untuk penyesuaian kebutuhan air pada campuran beton. Agregat halus memiliki kadar air sebesar 6,9% (Tabel 2), sedangkan agregat kasar sebesar 1,3% (Tabel 3). Selanjutnya, uji berat jenis dan penyerapan air menunjukkan bahwa agregat halus memiliki berat jenis jenuh permukaan kering (SSD) sebesar 2,58 dan penyerapan air 1,38% (Tabel 4), sedangkan agregat kasar memiliki berat jenis SSD sebesar 2,642 dan penyerapan air 1,86% (Tabel 5). Data ini menjadi dasar dalam penyusunan mix design beton normal menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan mutu $f'c$ 30 MPa sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Komposisi bahan beton normal per sampel uji ditampilkan pada Tabel 7, sedangkan komposisi campuran variasi dengan substitusi limbah granit (LG), limbah botol kaca (LK), dan penambahan Sikacim (SC) tertera pada Tabel 8. Terdapat enam variasi campuran, masing-masing menggabungkan 3% LK dan 3%–8% LG dengan dua kadar SC (0,9% dan 1%).

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian Kadar Air Agregat Halus		
	Berat Uji	Satuan
Berat Wadah + Benda Uji	1130	gr
Berat Wadah	130	gr
Berat Benda Uji (W1)	1000	gr
Berat Wadah + Benda Uji Kering Oven	1065,5	gr
Berat Benda Uji Kering Oven (W2)	935,5	gr
Kadar Air	6,9%	gr

Tabel 3. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian Kadar Air Agregat Kasar		
	Berat Uji	Satuan
Berat Wadah + Benda Uji	4210	gr
Berat Wadah	210	gr
Berat Benda Uji (W1)	4000	gr
Berat Wadah + Benda Uji Kering Oven	4160	gr
Berat Benda Uji Kering Oven (W2)	3950	gr
Kadar Air	1,3%	gr

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat halus			
Pengujian	Notasi	Berat	Satuan
Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan	S	500	gr
Berat Benda Uji Kering Oven	A	493,2	gr
Berat Piknometer + Air	B	646,5	gr
Berat Piknometer + Benda Uji + Air	C	953	gr
Perhitungan	Notasi	Hasil	Satuan
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	$\frac{A}{B + S - C}$	2,55	gr
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (Ss)	$\frac{A}{B + S - C}$	2,58	gr
Berat Jenis Semu (Sa)	$\frac{A}{B + A - C}$	2,64	gr
Penyerapan Air (Sw)	$\frac{(S - A)}{A} \times 100\%$	1,38	gr

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar			
Pengujian	Notasi	Berat	Satuan
Berat Jenis Curah Kering	A	5000	gr
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan di Udara	B	4907	gr
Berat Benda Uji dalam Air	C	3050	gr

Perhitungan	Notasi	Hasil	Satuan
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2,693	gr
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2,642	gr
Berat Jenis Semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$	2,564	gr
Penyerapan Air (Sw)	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	1,860	gr

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan *Mix Design* Beton Normal 30 MPa

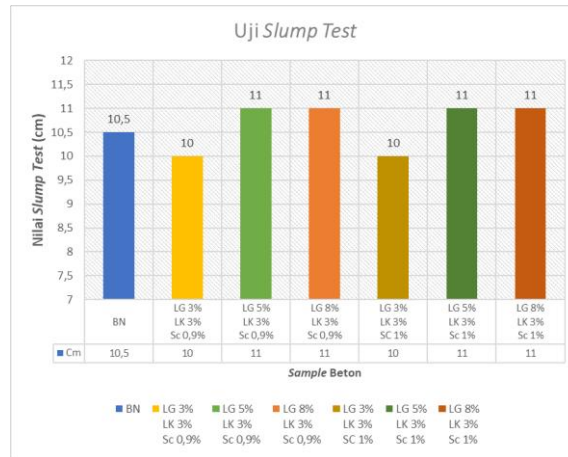
Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton Normal Mutu 30 MPa		
Parameter	Nilai	Satuan
$f'c$	30	MPa
Slump	60 - 180	mm
Agregat Max	25	mm
Air	148,20	kg/m ³
Berat kering oven Ag. Kasar	1005,99	kg/m ³
Berat Beton	2372,50	kg/m ³
Modulus Kehalusan Ag. Halus	2,57	%
Berat jenis (SSD) Ag. Halus	2,58	gr
Berat jenis (SSD) Ag. Kasar	2,64	gr
Penyerapan air Ag. Halus	1,38	%
Penyerapan air Ag. Kasar	1,86	%

Tabel 7. Kebutuhan Komposisi Beton Normal

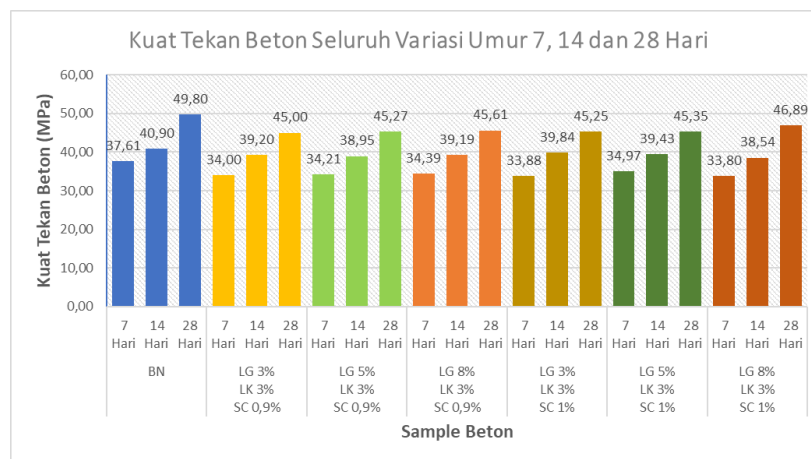
Bahan Beton	Berat Beton /M ³ (Kg)	Volume Benda Uji (M ³)	Berat Untuk 1 Sampel (Kg)	Berat Untuk 9 Sampel (Kg)
Air	148,20	0,0053	0,79	7,07
Semen	525,64		2,79	25,07
Agregat Kasar	1005,99		5,33	47,97
Agregat Halus	692,66		3,67	33,03
Jumlah	2372,50		12,57	113,14

Pengujian nilai slump sebagai indikator workability menunjukkan bahwa beton normal memiliki nilai slump sebesar 10,5 cm (Gambar 4). Campuran dengan LG 3% dan LK 3% menghasilkan slump 10 cm, sedikit lebih rendah dibanding beton normal. Namun, campuran dengan LG 5% dan LG 8% menunjukkan nilai slump lebih tinggi yaitu 11 cm, baik dengan SC 0,9% maupun 1%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan LG dalam jumlah lebih besar cenderung meningkatkan kemudahan pengerjaan beton. SC juga berperan dalam meningkatkan slump melalui peningkatan fluiditas campuran.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa beton normal (BN) memiliki nilai tertinggi sebesar 49,80 MPa pada umur 28 hari. Seluruh variasi campuran beton mengalami sedikit penurunan kuat tekan, namun nilai tersebut masih berada di atas mutu rencana $f'c$ 30 MPa. Campuran terbaik diperoleh pada variasi dengan LG 8%, LK 3%, dan SC 1%, yang mencapai kuat tekan sebesar 46,89 MPa pada umur 28 hari (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan dari beton normal, kombinasi limbah dan aditif tetap mampu menghasilkan beton dengan performa mekanis yang baik dan layak untuk aplikasi struktural ringan hingga sedang.

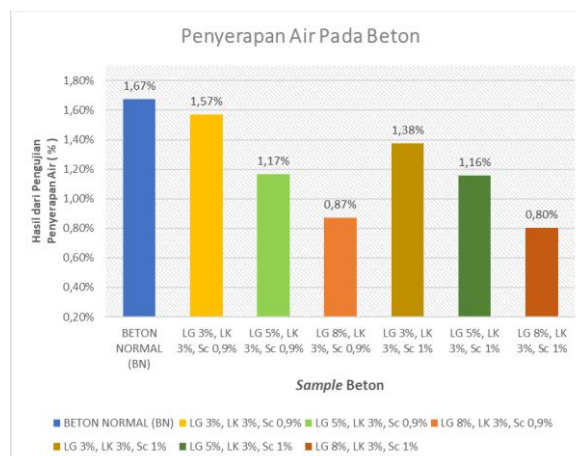


Gambar 4. Diagram Hasil Slump



Gambar 5. Diagram Hasil Kuat Tekan Beton

Daya serap air juga menjadi parameter penting dalam mengevaluasi kepadatan dan ketahanan beton terhadap penetrasi air. Beton normal menunjukkan nilai tertinggi sebesar 1,67%, sedangkan nilai terendah dicapai oleh variasi LG 8%, LK 3%, dan SC 1% sebesar 0,80% (Gambar 6). Pola yang tampak menunjukkan bahwa semakin besar substitusi LG dan penggunaan SC, semakin rendah daya serap air beton. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik LG yang lebih padat dan tidak porous, serta kemampuan SC dalam memperbaiki mikrostruktur beton melalui pengurangan porositas internal.



Gambar 6. Diagram Daya Serap Air

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa kombinasi limbah granit dan limbah botol kaca dengan penambahan Sikacim terbukti efektif dalam menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi, workability baik, dan daya serap air rendah. Temuan ini memperkuat potensi pemanfaatan limbah anorganik sebagai material substitusi dalam beton ramah lingkungan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah granit dan limbah botol kaca sebagai substitusi parsial agregat kasar dengan penambahan bahan aditif Sikacim memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik beton, khususnya kuat tekan, nilai slump, dan daya serap air. Seluruh variasi campuran menunjukkan performa yang masih berada dalam batas standar mutu beton struktural. Beton normal (BN) memiliki kinerja tertinggi, namun campuran dengan 8% limbah granit, 3% limbah botol kaca, dan 1% Sikacim menunjukkan performa yang sangat kompetitif dengan kuat tekan mencapai 46,89 MPa pada umur 28 hari, nilai slump sebesar 11 cm yang menandakan workability baik, serta daya serap air paling rendah yaitu 0,80%.

Temuan ini menunjukkan bahwa limbah granit yang memiliki sifat padat dan kuat, dikombinasikan dengan limbah kaca dan aditif Sikacim, mampu meningkatkan kepadatan beton dan mengurangi porositas, sehingga memperbaiki kinerja mekanis dan ketahanannya terhadap penetrasi air. Oleh karena itu, kombinasi bahan-bahan ini sangat potensial untuk diterapkan dalam pengembangan beton ramah lingkungan, sekaligus mendukung upaya pengurangan limbah anorganik di lingkungan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi variasi proporsi limbah dan dosis aditif yang lebih luas serta uji terhadap aspek durabilitas jangka panjang.

Daftar Pustaka

- [1] J. Xiao, H. Falkner, "On the residual behavior of recycled aggregate concrete under uniaxial loading," *Cement and Concrete Research*, vol. 36, no. 5, pp. 1119–1125, 2006.
- [2] M. Batayneh, I. Marie, I. Asi, "Use of selected waste materials in concrete mixes," *Waste Management*, vol. 27, no. 12, pp. 1870–1876, 2007.
- [3] A. Siddique, "Utilization of waste materials and by-products in producing green concrete," *Springer*, 2014.
- [4] A. L. Abubakar, M. Saleh, "Mechanical properties of concrete containing waste glass as partial replacement of fine aggregate," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 7, 2017.
- [5] T. C. Ling, C. S. Poon, "Use of recycled glass as coarse aggregate in concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 77, pp. 340–351, 2015.
- [6] A. Alani, A. Kilic, "The effects of waste glass on the mechanical properties of concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 176, pp. 289–295, 2018.
- [7] B. A. A. Hossain, "Properties of volcanic pumice based cement and lightweight concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 2, pp. 283–291, 2004.
- [8] S. Hadi, "Pengaruh Penambahan Limbah Granit Terhadap Kuat Tekan Beton," *Ganec Swara*, vol. 14, no. 1, pp. 476–480, 2020.
- [9] H. A. Fiery, "Pemanfaatan Limbah Botol Kaca dan Granit sebagai Agregat Kasar," *Repository UMB*, 2024.
- [10] N. Wahyuni, N. Rasidi, "Analisis Pengaruh Penambahan Sikacim pada Beton," *JOS-MRK*, vol. 3, no. 2, pp. 125–130, 2022.
- [11] M. F. Zain, H. Mahmud, "Effect of blended ashes on strength and durability of concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 18, no. 8, pp. 575–581, 2004.
- [12] Sika Indonesia, "Sikacim Product Data Sheet," 2021. [Online]. Available: <https://idn.sika.com>
- [13] A. R. Hakim, "Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Kaca dan Granit," *Repository UMB*, 2024.
- [14] A. A. Ibrahim, "Limbah Granit dan Abu Bonggol Jagung sebagai Material Beton," *UMB Thesis*, 2024.
- [15] A. F. Anto, "Limbah Cangkang Telur pada Beton," *Jurnal Teknologi Tepat Guna*, vol. 1, no. 2, pp. 46–53, 2020.

- [16] D. Limbachiya, T. Leelawat, “Mix design and properties of fly ash waste concrete,” *Waste Management*, vol. 20, no. 2–3, pp. 149–158, 2000.
- [17] C. Meyer, “Recycled concrete as aggregate for structural concrete,” *ACI Materials Journal*, vol. 103, no. 5, pp. 365–379, 2006.
- [18] F. Debieb, S. Kenai, “Use of waste concrete as aggregate in concrete,” *Cement and Concrete Research*, vol. 38, no. 5, pp. 555–563, 2008.
- [19] A. B. Mohamed, M. A. El-Gamal, “Utilization of crushed clay brick in concrete industry,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 23, no. 10, pp. 1444–1451, 2011.
- [20] Y. Bai, T. Keller, “High-performance concrete with recycled aggregate,” *Materials and Structures*, vol. 42, no. 5, pp. 663–675, 2009.