



Pemanfaatan Perlite Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Pada Beton

Sy Sarah Alwiah^{1*}, Wahyu Akbar², Sri Hartati Dewi³, Rony Ardiansyah⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

*sarahalwiyah@eng.uir.ac.id

Abstrak

Indonesia, sebagai bagian dari Cincin Api Pasifik, memiliki potensi besar dalam ketersediaan perlite, terutama di Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Meskipun eksplorasi perlite di Indonesia belum dimanfaatkan optimal untuk industri konstruksi, saat ini perlite lebih banyak digunakan di sektor pertanian, hortikultura, dan bahan isolasi termal. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan perlite terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium di Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, dengan mengganti agregat halus dengan perlite pada proporsi 5%, 10%, dan 15%. Penelitian ini juga mengevaluasi pengaruhnya terhadap nilai slump dan kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan proporsi perlite meningkatkan slump, yang mencerminkan peningkatan kelecakan beton. Nilai slump beton normal (8, 9 cm) meningkat menjadi 9, 2 cm, 9, 5 cm, dan 9, 7 cm untuk perlite 5%, 10%, dan 15%. Dalam hal kuat tekan, penggantian perlite 5% menghasilkan kuat tekan rata-rata 27, 74 MPa, lebih tinggi dari beton normal (26, 52 MPa). Namun, proporsi perlite 10% dan 15% sedikit menurunkan kuat tekan, dengan nilai rata-rata masing-masing 27, 36 MPa dan 27, 18 MPa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perlite bermanfaat untuk meningkatkan kelecakan beton hingga 5%, namun peningkatan lebih lanjut dapat mengurangi kekuatan struktural.

Kata Kunci: perlite, beton, daya serap, kuat tekan, nilai slump

1. Pendahuluan

Beton terdiri dari campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, membentuk massa padat, kuat, dan stabil [1][2]. Dalam industri konstruksi, beton adalah bahan bangunan yang sangat penting, diketahui secara umum bahwa kekuatan tekan beton menunjukkan kualitasnya. Kuat tekan yang lebih tinggi menunjukkan kualitas beton semakin baik[3]. Beton juga dapat dianggap sebagai batuan buatan karena pada partikel yang besar (agregat kasar) ada rongga yang diisi oleh agregat halus, dan pasta (campuran air dan semen) memenuhi rongga di antara agregat halus, membantu membuat semua bahan penyusun menyatu menjadi massa yang padat[4].

Dibeberapa negara maju, penggunaan perlite telah diaplikasikan pada konstruksi pelat beton dan sebagai bahan isolasi tahan panas pada bangunan dan perumahan. Hal tersebut dikarenakan bahan perlite mempunyai berat jenis yang relatif lebih ringan dibanding agregat biasa[5]. Salah satu cara untuk mengurangi berat bangunan adalah dengan mengembangkan teknologi konstruksi yang bersifat ringan. Upaya ini dilakukan melalui

pemilihan material bangunan yang memiliki bobot rendah serta penerapan teknologi beton prategang (*prestressed*). Pengembangan konstruksi ringan juga melibatkan pencarian alternatif substitusi agregat pasir dengan agregat ringan dalam pembuatan beton dan produk terkait[6][7][8].

Perlite adalah kaca vulkanik yang memiliki struktur perliteis, terutama jika kaca tersebut berasal dari batuan rhyolitik yang bersifat asam dan mengandung kadar air yang tinggi. Kaca vulkanik ini biasanya terbentuk akibat letusan gunung berapi yang mengalami pendinginan secara cepat akibatnya terbentuk kristal secara sempurna dan tidak ada kesempatan air keluar dari material tersebut[9]. Perlite dapat digunakan sebagai plester, agregat dan bahan isolasi di sektor konstruksi, serta bisa dikatakan bahwa perlite digunakan untuk bahan baku *pozzolan* dengan kualitas yang baik Perlite memiliki manfaat sebagai bahan baku beton ringan, isolasi bangunan, plesteran, *concrete aggregate* (10%), *oil drilling mud* (6%), *filter aid* (2%), bahan baku pozzolan dan bahan bangunan/elemen konstruksi [10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penggunaan Perlite sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam beton dan memahami bagaimana hal ini memengaruhi kualitas beton dalam penggunaan variasi yang berbeda sebagai bahan pengganti serta umur pengujian yang berbeda dari penelitian sebelumnya.

[11]telah melakukan penelitian tentang “Studi Eksperimental Pemanfaatan *Expanded Perlite* Sebagai Bahan Beton Ringan”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan sifat beton ringan yang dibuat dengan berbagai variasi campuran beton I (*expanded Perlite*) dan beton II (campuran *expanded Perlite* dan pasir). Hasil pengujian massa jenis yang memenuhi kriteria beton ringan berdasarkan persyaratan SNI 03-3449-2002[12]. Adalah kurang dari 1.850 kg/m³, Nilai kuat tekan memenuhi kriteria beton ringan berdasarkan persyaratan SNI 03-3449-2002. Nilai serapannya belum memenuhi syarat SNI 03-2914-1992 [11] maksimal 2,5[11][12][13].

Penelitian tentang Pengaruh Perlite Lampung Sebagai Material Agregat Mortar Terhadap Kuat Tekan bertujuan untuk mengetahui bagaimana perlite Lampung, yang digunakan sebagai agregat mortar [9], berdampak pada kuat tekan. Perlite yang digunakan berukuran mesh 40. Variasi komposisi yang digunakan adalah 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4 dan 1 : 5 (semen : perlite). Hasil analisis bahan baku menunjukkan perlite memenuhi standar agregat mortar dan memiliki kandungan Si yang tinggi yaitu 57, 06%. Kuat tekan terbaik dicapai pada mortar dengan komposisi 1 : 2 (semen 1 : 2 perlite), atau 156, 8 kg/cm². Kuat tekan mortar mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah Perlite pada komposisi 1 : 3, 1 : 4 dan 1:5 dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 84 kg/cm², 70 kg/cm² dan 33,6 kg/cm². Masing-masing Penurunan ini disebabkan terlalu tingginya kandungan SiO₂ sehingga berikatan dengan CaO bebas dalam semen dan membentuk Ca(OH)₂. Ca(OH)₂ mengurangi kepadatan mortar dan menciptakan rongga udara.

Penelitian menggunakan perlite untuk meneliti sifat mekanik beton yang menggunakan 100% agregat perlite sebagai substitusi agregat kasar dan menilai kelayakannya sebagai material untuk dinding penahan beban pada rumah tinggal bertujuan untuk mengevaluasi sifat mekanik beton perlite yang menggunakan 100% agregat perlite sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton [13]. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan beton perlite sebagai bahan dinding penahan beban pada rumah tinggal dan aplikasinya dalam konstruksi modern. Penelitian ini melibatkan pembuatan beton dengan menggunakan 100% agregat perlite yang mengembang. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa beton perlite memenuhi persyaratan kekuatan tekan yang diperlukan untuk aplikasi dinding penahan beban. Beton ini juga memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional, yang berarti mengurangi beban mati pada struktur.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan *mix design* mengacu pada SNI 7656:2012, Mengetahui nilai kuat tekan pada beton dengan menggunakan Perlite dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari volume agregat halus sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. dan Mengetahui nilai daya serap air pada beton dengan menggunakan Perlite dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari volume agregat halus sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. Dengan benda uji beton silinder ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 12 sampel dengan umur 28 hari.

Tabel 1. Komposisi Kimia Pada Perlite

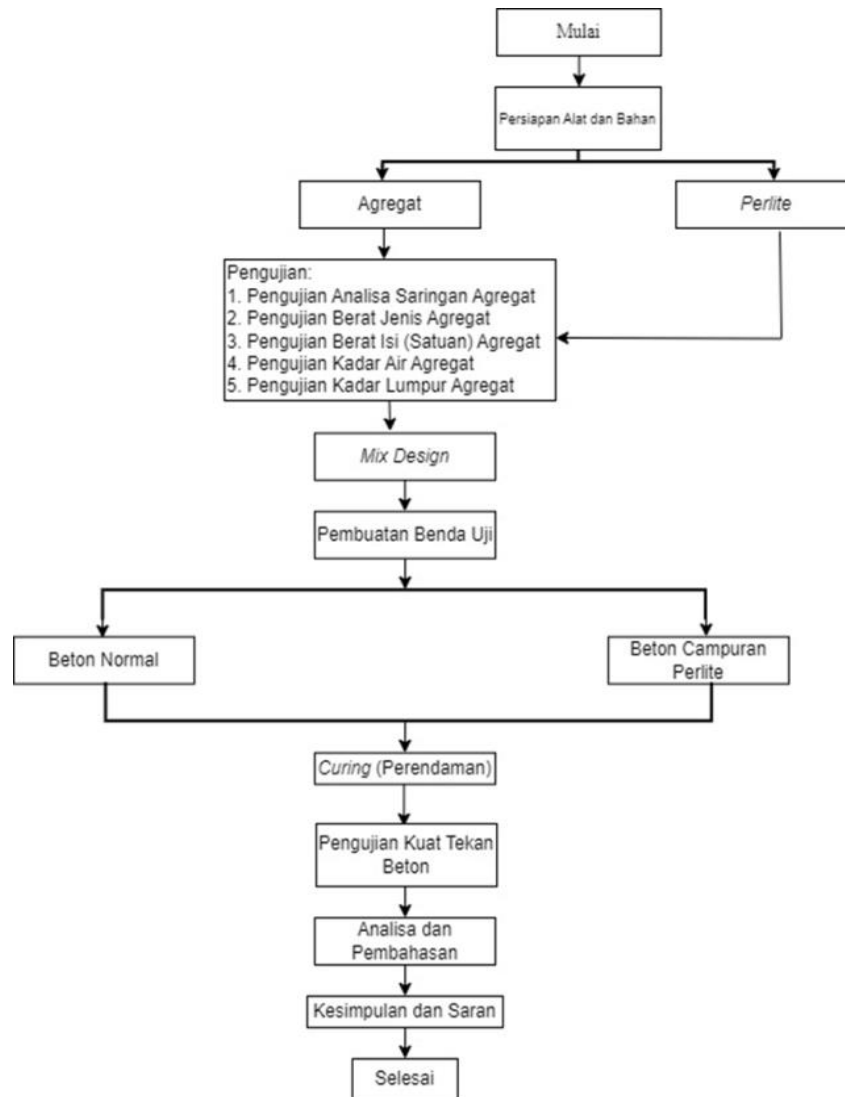
No	Product	Result
1.	<i>Chemical Composition</i>	
	SiO ₂	60,00 – 76,00 %
	Al ₂ O ₃	11,50 – 17,00 %
	Fe ₂ O ₃	0,50 – 1,00 %
	CaO	0,20 – 1,50 %
	Na ₂ O	2,00 – 4,50 %
	K ₂ O	3,50 – 5,50 %
2.	<i>Grain Analysis – Grading Size</i>	
	<i>Mesh 16</i>	Max 10 %
	<i>Mesh 16 - 100</i>	Min 65%
	<i>Mesh 100</i>	Max 35 %
3.	<i>Unit Weight</i>	65 – 75 Kg/M ³
4.	<i>Moisture Content</i>	Max 0,5 %
5.	<i>Ph Value</i>	7,0 – 8,0
6.	<i>Absorption</i>	110 %

2.1. Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: agregat kasar menggunakan split, agregat halus menggunakan pasir normal, semen OPC tipe 1 dan perlite. Pemeriksaan properties agregat berdasarkan SNI, properties agregat yang diperiksa meliputi:

- Berat Jenis
- Berat isi (volume)
- Absorpsi
- Analisa saringan

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini diilustrasikan melalui flowchart sebagaimana ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Bagan Alir penelitian

2.2. Benda Uji

Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm dengan variasi komposisi seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perencanaan Benda Uji

Kode Benda Uji	Komposisi Campuran	Jumlah Sampel
	<i>Perlite</i> (%)	Uji Kuat Tekan (Buah)
BN(Beton Normal)	-	3
BP(Beton+ perlite) 5	5	3
BP (Beton+Perlite)10	10	3
BP (Beton+Perilite)15	15	3

Dari tabel ini dapat dilihat bahwa benda uji dengan tambahan perlite sebesar 5%, 10%, dan 15% masing-masing diuji sebanyak tiga sampel untuk mengukur kuat tekannya. Setiap

kelompok benda uji menggunakan tiga buah sampel uji kuat tekan, sehingga total ada 12 sampel yang diuji.

Tabel 3. Hasil Perencanaan Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 x 30 cm

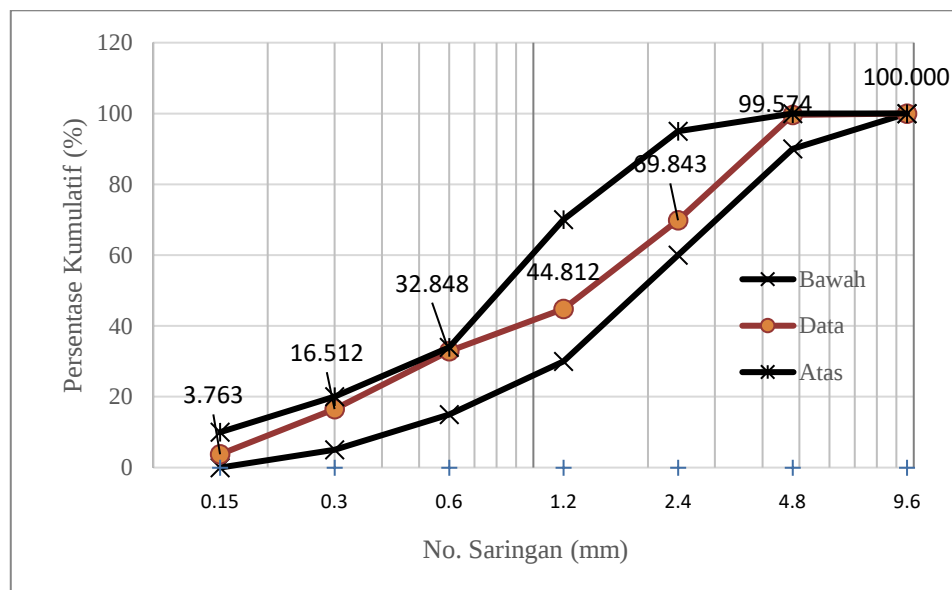
Bahan Campuran Dasar	Satuan	Variasi Campuran <i>Perlite</i>			
		0 %	5 %	10 %	15 %
Semen	kg	6,31	6,31	6,31	6,31
Air	L	4,24	4,28	4,32	4,36
Agregat Kasar	kg	20,63	20,63	20,63	20,63
Agregat Halus	kg	17,85	16,96	16,07	15,17
Perlite	kg	0	0,04	0,08	0,12

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan serangkaian pengujian terhadap bahan dan beton guna mengetahui pengaruh perlite sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus. dan Mengetahui nilai daya serap air pada beton

3.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

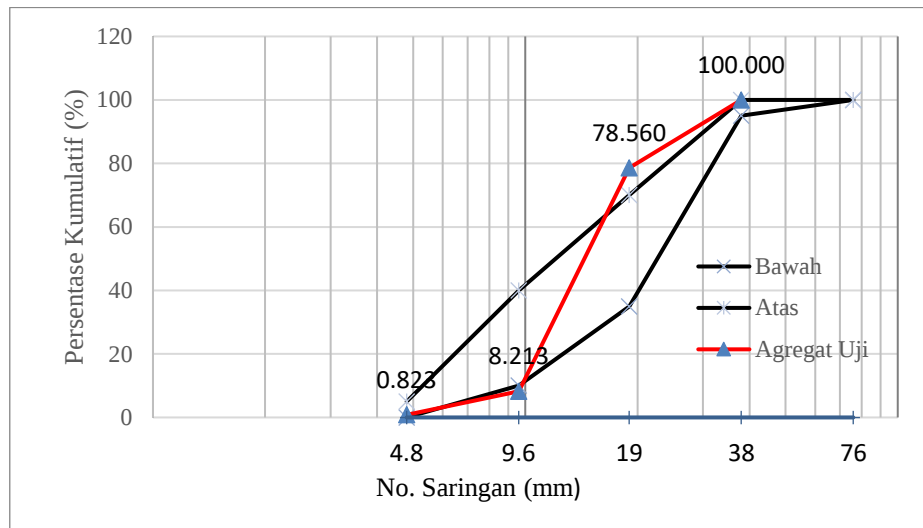
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui ukuran maksimum agregat halus dan agregat kasar yang telah direncanakan dalam pembuatan sampel beton[14].



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

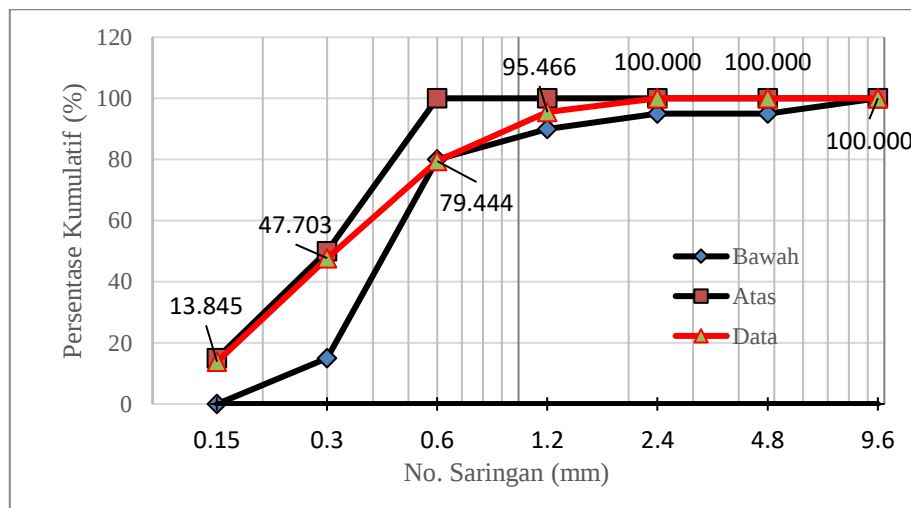
Hasil pemeriksaan gradasi agregat menunjukkan bahwa agregat halus yang diperiksa termasuk dalam zona I, dengan distribusi ukuran butir yang sesuai standar. Persentase lolos pada saringan No #8 (2, 4 mm) sebesar 69, 843% menunjukkan dominasi butiran ukuran besar, sedangkan pada saringan No #16 (1, 2 mm) dan No #30 (0, 6 mm), persentase lolos masing-masing sebesar 44, 812% dan 32, 848%, mengindikasikan bahwa sebagian besar material memiliki ukuran sedang hingga kecil. Pada saringan No #50 (0, 3 mm) terdapat penurunan dengan persentase lolos 16, 512%, dan pada saringan No #100 (0, 15 mm) serta No #200 (0, 075 mm), masing-masing menunjukkan persentase lolos yang sangat rendah, yaitu 3, 763% dan 0%. Ini mengindikasikan bahwa agregat ini memiliki sedikit material

halus, yang dapat meningkatkan kekuatan struktural beton serta mengurangi risiko segregasi, menjadikannya cocok untuk campuran beton



Gambar 3. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi agregat, material ini termasuk dalam zona III, yang menunjukkan distribusi ukuran butir kasar yang cenderung lebih besar. Persentase lolos pada saringan 3/4" (19 mm) adalah 78, 560%, menunjukkan dominasi butiran kasar dalam campuran. Namun, pada saringan yang lebih halus seperti 3/8" (9, 5 mm), No #4 (4, 75 mm), dan seterusnya, persentase lolos menurun signifikan, masing-masing hanya 8, 213%, 0, 823%, dan seterusnya hingga mencapai 0, 104% pada saringan No #200 (0, 075 mm). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar material agregat memiliki ukuran butir besar, dengan jumlah material halus yang sangat sedikit.



Gambar 4. Grafik Analisa Saringan Perlite

Berdasarkan hasil pemeriksaan analisa saringan perlite, material ini termasuk dalam zona IV, yang menunjukkan distribusi ukuran butir yang sangat halus. Persentase lolos pada saringan No #8 (2, 4 mm) mencapai 100%, yang menunjukkan hampir seluruh material perlite memiliki ukuran lebih kecil dari saringan tersebut. Persentase lolos pada saringan No #16 (1, 2 mm) adalah 95, 466%, dan menurun bertahap pada saringan-saringan yang lebih halus, dengan 79, 444% pada No #30 (0, 6 mm) dan 47, 703% pada No #50 (0, 3 mm). Pada

saringan No #100 (0, 15 mm), persentase lolos adalah 13, 845%, dan tidak ada material yang lolos pada saringan No #200 (0, 075 mm), yang menandakan bahwa perlite memiliki sedikit kandungan material yang sangat halus. Secara keseluruhan, gradasi perlite ini menunjukkan bahwa material tersebut cenderung halus dan cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan agregat halus, seperti dalam campuran beton ringan atau isolasi termal.

3.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Serta Penyerapan Material

Pemeriksaan berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), dan berat jenis semu (*Apparent Spesific Gravity*) pada agregat.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pada Agregat Halus dan Agregat Kasar

Material	Satuan	Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (<i>SSD</i>)	Berat Jenis Semu (<i>Apparent Spesific Gravity</i>)
Agregat Halus	gr/cm ³	2,589	2,614	2,655
Agregat Kasar	gr/cm ³	2,689	2,718	2,770

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis material agregat halus dan agregat kasar, dapat disimpulkan bahwa kedua jenis agregat memiliki nilai berat jenis yang relatif serupa, meskipun agregat kasar sedikit lebih berat. Berat jenis curah (*bulk*) agregat halus tercatat sebesar 2,589 gr/cm³, sementara agregat kasar memiliki nilai 2,689 gr/cm³. Nilai berat jenis permukaan jenuh (*SSD*) untuk agregat halus adalah 2,614 gr/cm³ dan untuk agregat kasar 2,718 gr/cm³, sementara berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) agregat halus adalah 2,655 gr/cm³ dan agregat kasar 2,770 gr/cm³.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pada Perlite

Pemeriksaan	Satuan	Nilai	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat Jenis	gr/cm ³	0,122	0,120
Berat Jenis Rata-Rata	gr/cm ³	0,121	

Nilai yang sangat rendah dan variasi yang minimal ini mengindikasikan bahwa perlite merupakan material ringan dengan konsistensi kualitas yang baik.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Penyerapan Material

Material	Satuan	Penyerapan Material
Agregat Halus	%	0,969
Agregat Kasar	%	1,088
Perlite	%	110

Dapat dilihat bahwa pengujian penyerapan material didapatkan nilai untuk agregat halus sebesar 0, 969%, agregat kasar sebesar 1, 088 % dan Perlite sebesar 110%.

3.3. Hasil Pemeriksaan Berat Isi (Satuan) Agregat

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Berat Isi (Satuan) Agregat Halus, Agregat Kasar dan Perlite

Material	Berat Volume (gr/cm ³)	
	Kondisi Lepas	Kondisi Padat
Agregat Halus	1,604	1,812
Agregat Kasar	1,434	1,623

Berdasarkan Tabel 7 dinyatakan hasil pemeriksaan pengujian berat isi volume material agregat halus, agregat kasar dan Perlite pada kondisi padat dan kondisi lepas. Dari tabel tersebut dapat dilihat berat isi volume agregat halus kondisi padat sebesar 1,812 gr/cm³ dan berat isi volume agregat halus kondisi lepas sebesar 1,604 gr/cm³. Serta berat isi volume agregat kasar kondisi padat sebesar 1,623 gr/cm³, berat isi volume agregat kasar kondisi lepas sebesar 1,434 gr/cm³

3.4. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Pemeriksaan kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah persentase air yang terkandung di dalam pori-pori butiran agregat untuk perencanaan campuran beton.

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Material	Satuan	Kadar Air
Agregat Halus	%	0,275
Agregat Kasar	%	0,469
Perlite	%	0

Berdasarkan Tabel.8 dapat dilihat bahwa hasil kadar air agregat halus yaitu sebesar 0,275 % dan agregat kasar sebesar 0,469 % serta kadar air Perlite sebesar 0 %.

3.5. Hasil Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

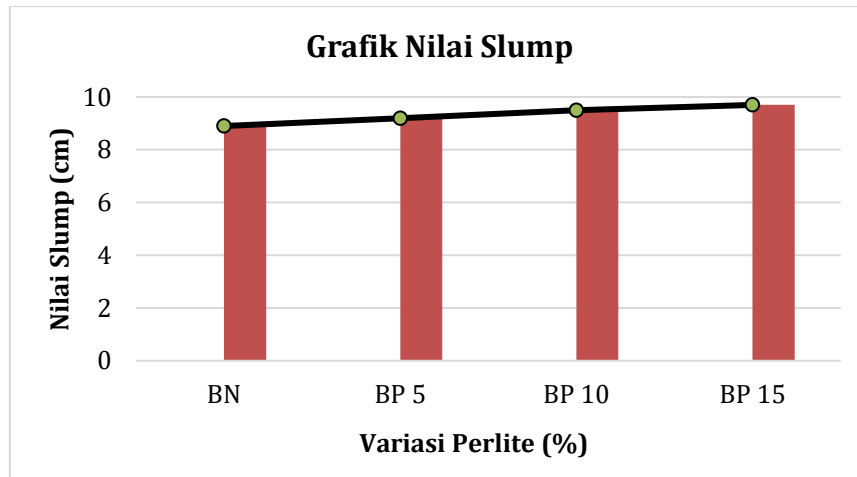
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Material	Satuan	Kadar Lumpur
Agregat Halus	%	3,181
Agregat Kasar	%	0,894

Berdasarkan Tabel 9, nilai kedua agregat ini relatif rendah dan umumnya masih berada di bawah batas maksimum yang disyaratkan untuk mutu beton. Dengan demikian, baik agregat halus maupun agregat kasar dapat dikategorikan bersih dan layak digunakan dalam campuran beton tanpa menimbulkan penurunan ikatan semen-agregat atau gangguan pada kekuatan serta durabilitas struktur.

3.6. Hasil Pemeriksaan Slump Beton

Bertujuan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton.

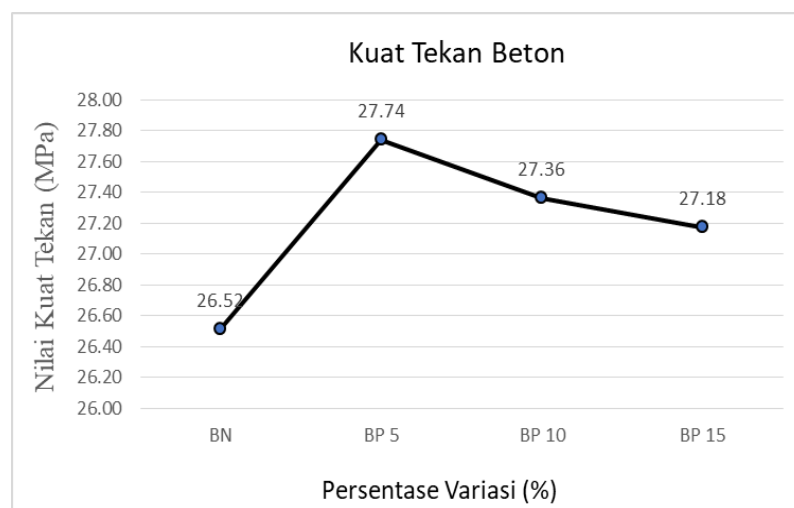


Gambar 5. Grafik Nilai Slump

Berdasarkan hasil pemeriksaan nilai slump, dapat disimpulkan bahwa penambahan perlite sebagai pengganti sebagian agregat halus meningkatkan kelecakan campuran beton. Nilai slump pada beton normal adalah 8,9 cm, dan seiring dengan peningkatan persentase perlite, nilai slump juga meningkat. Pada variasi perlite 5%, 10%, dan 15%, nilai rata-rata slump berturut-turut menjadi 9,2 cm, 9,5 cm, dan 9,7 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perlite dapat meningkatkan kemudahan dalam pengerjaan dan pembentukan campuran beton, yang mengindikasikan peningkatan kelecakan beton seiring dengan bertambahnya proporsi perlite.

3.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan setelah melalui perawatan beton dengan cara perendaman selama 28 hari. Pemeriksaan ini dilakukan pada 3 sampel beton yang berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm, untuk setiap variasi pengganti sebagian agregat halus penggunaan Perlite 5%, 10%, 15%. Pemeriksaan kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan (*compression testing machine*), hasil bisa dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pemeriksaan kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa penambahan perlite sebagai pengganti sebagian agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga proporsi 5%. Pada beton normal, nilai kuat tekan rata-rata adalah 26,53 MPa, dan

dengan penambahan perlite 5%, nilai kuat tekan meningkat menjadi 27,74 MPa. Namun, setelah penambahan perlite lebih dari 5% (10% dan 15%), nilai kuat tekan mulai menurun, dengan nilai rata-rata masing-masing 27,36 MPa dan 27,18 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun perlite dapat meningkatkan kuat tekan pada proporsi kecil (5%), penambahan lebih lanjut dapat mengurangi kekuatan beton, yang mengindikasikan perlunya mempertimbangkan keseimbangan antara kelecakan dan kekuatan struktural

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa Pengaruh Penambahan Perlite terhadap Kuat Tekan Beton, beton Normal (0% Perlite) kuat tekan rata-rata beton normal adalah 26,52 MPa. Dengan penambahan Perlite, kuat tekan beton meningkat, dengan puncaknya pada campuran Perlite 5% yang mencapai kuat tekan rata-rata 27,74 MPa. Namun, setelah penambahan Perlite lebih dari 5%, kuat tekan mulai sedikit menurun, dengan nilai rata-rata 27,36 MPa pada 10% Perlite dan 27,18 MPa pada 15% Perlite.

Berdasarkan hasil pengujian nilai slump pada variasi penggunaan perlite sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton menyebabkan peningkatan nilai slump. Nilai slump beton normal adalah 8,9 cm, dan dengan penambahan perlite sebesar 5%, 10%, dan 15%, nilai slump berturut-turut meningkat menjadi 9,2 cm, 9,5 cm, dan 9,7 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perlite memiliki pengaruh positif dalam meningkatkan kelecakan (*workability*) beton, membuat campuran lebih encer dan lebih mudah dikerjakan.

Referensi

- [1] M. Kurniawan, *et al.*, "STUDI EKSPERIMENTAL PENAMBAHAN ZAT ADDITIF MASTERSURE 1007 TERHADAP KUAT TEKAN BETON SILINDER Fc'30," *J. Tek.*, vol. 17, no. 2, pp. 18–27, 2023.
- [2] F. Hamdi *et al.*, *Teknologi Beton*, vol. 1, no. 1. TOHAR MEDIA, 2022. [Online]. Available: <https://toharmedia.co.id/>
- [3] S. H. Dewi, R. Mildawati, and T. Perdana, "The Benefits of Adding Corn Stalk Ash as a Substitution of Some Cement Against of Compressive Strength Concrete," *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, vol. 4, no. 3, p. 208, 2019, doi: 10.25299/jgeet.2019.4.3.2966.
- [4] A. Abrar and N. Abdillah, "Studi Eksperimen Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth (Sbe) Sebagai Bahan Pembuat Bata," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 70–78, 2019, doi: 10.31849/siklus.v5i2.3223.
- [5] K. ari Suharji and H. Basuki, "pemanfaatan limbah perlite sebagai material Material Bata Beton Ringan," *bppi,bapperin*, 2009.
- [6] M. S. Al Huseiny and R. Nursani, "Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Beton," *Akselerasi J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 63–69, 2020, doi: 10.37058/aks.v1i2.1505.
- [7] R. H. Raihan, H. Gussyafri, and Azhari, "Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Pohon Merbau Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar," vol. 2, pp. 4–11, 2024.
- [8] S. Beny, H. Ahmad, and N. Septri, "Kajian Kuat Tekan Bata Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Tambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit," vol. 2, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/article/view/287>

- [9] B. B. Aji, V. A. Setiani, M. Amin, and S. User, "Pengaruh Perlit Lampung sebagai Material Agregat Mortar Terhadap Kuat Tekan," *Inov. Pembang. J. Kelitbangan*, vol. 6, no. 01, pp. 75–90, 2018, doi: 10.35450/jip.v6i01.58.
- [10] M. Ibrahim, A. Ahmad, M. S. Barry, L. M. Alhems, and A. C. Mohamed Suhoothi, "Durability of Structural Lightweight Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate," *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, vol. 14, no. 1, 2020, doi: 10.1186/s40069-020-00425-w.
- [11] P. Nugraha and H. E. Mamby, "Studi Eksperimental Pemanfaatan Expanded Perlit sebagai Bahan Beton Ringan," *Pros. Tek. Pertamb.*, vol. 5, no. 1, pp. 255–262, 2019.
- [12] H. Allameh-Haery, E. Kisi, J. Pineda, L. P. Suwal, and T. Fiedler, "Elastic properties of green expanded perlite particle compacts," *Powder Technol.*, vol. 310, pp. 329–342, 2017, doi: 10.1016/j.powtec.2017.01.045.
- [13] O. Szlachetka, J. Dzięcioł, and M. Dohojda, "Mechanical Properties of Perlite Concrete in Context to Its Use in Buildings' External Walls," *Materials (Basel)*, vol. 17, no. 23, 2024, doi: 10.3390/ma17235790.
- [14] SNI 03-1971-1990, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat," in *Badan Standarisasi Nasional*, vol. 27, no. 5, 1990, p. 6889.