

Perbandingan Kekuatan Beton Mengandung Agregat Kasar Buatan Semen Dan Agregat Aksar Buatan Geopolimer

*Siti Aja Aulia

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kebangsaan Indonesia

*Email: sitiaja231aulia@gmail.com

Received: 12/10/2024	Revised: 30/01/2025	Accepted: 19/02/2025	Published: 20/02/2025
----------------------	---------------------	----------------------	-----------------------

Abstract

The availability of natural coarse aggregate is decreasing due to excessive exploitation and rapid infrastructure growth. Therefore, an alternative artificial coarse aggregate is needed to replace natural aggregate in concrete production. This study aims to compare the compressive strength of concrete using natural coarse aggregate with concrete incorporating artificial coarse aggregate from cement paste (BABs) and artificial coarse aggregate from geopolimer (BABp). BABs aggregate is produced by mixing Portland cement and water, while BABp aggregate is made by combining fly ash with an alkaline activator (NaOH and Na₂SiO₃). Both types of aggregate are molded into cylinders, dried, crushed, and sieved to achieve the appropriate size as coarse aggregate. The compressive strength of concrete with aggregate substitution was tested at 7 and 28 days. At 7 days, concrete with BABp exhibited the highest compressive strength (41.18 MPa), followed by concrete with natural aggregate (38.28 MPa) and BABs (36.23 MPa). At 28 days, concrete with natural aggregate had the highest compressive strength (51.65 MPa), but concrete with BABp showed nearly equivalent results (51.51 MPa), while concrete with BABs maintained the lowest compressive strength (45.88 MPa).

Keywords: Artificial Coarse Aggregates, Concrete, Compressive Strength.

Abstrak

Ketersediaan agregat kasar alami semakin berkurang akibat eksploitasi yang berlebihan dan pesatnya pertumbuhan infrastruktur. Oleh karena itu, diperlukan alternatif agregat kasar buatan yang dapat menggantikan agregat alami dalam pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan agregat kasar alami dengan beton yang menggunakan agregat kasar buatan dari pasta semen (BABs) dan agregat kasar buatan dari geopolimer (BABp). Agregat BABs dibuat dengan mencampurkan semen Portland dan air, sedangkan agregat BABp dibuat dengan mencampurkan fly ash dan aktivator alkali (NaOH dan Na₂SiO₃). Kedua jenis agregat dicetak dalam silinder, dikeringkan, dihancurkan, dan disaring untuk mendapatkan ukuran yang sesuai sebagai agregat kasar. Beton dengan substitusi agregat diuji kuat tekannya pada umur 7 hari dan 28 hari. Pada umur 7 hari, beton dengan BABp memiliki kuat tekan tertinggi (41,18 MPa), diikuti oleh beton dengan agregat alami (38,28 MPa) dan BABs (36,23 MPa). Pada umur 28 hari, beton dengan agregat alami memiliki kuat tekan tertinggi (51,65 MPa), tetapi beton dengan BABp menunjukkan hasil yang hampir setara (51,51 MPa), sementara beton dengan BABs tetap memiliki kuat tekan terendah (45,88 MPa).

Kata Kunci: Agregat Kasar Buatan, Beton, Kuat Tekan.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan akan beton sebagai material utama dalam konstruksi telah meningkat secara signifikan. Beton terdiri dari campuran semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Penggunaan agregat (kasar dan halus) pada beton mencapai 75% (Salain, 2009). Agregat kasar berperan dalam memberikan kekuatan dan

stabilitas pada beton. Namun, ketersediaan agregat kasar alami semakin berkurang akibat eksploitasi yang berlebihan dan pertumbuhan pembangunan infrastruktur yang pesat.

Penurunan ketersediaan agregat kasar alami ini berdampak pada meningkatnya biaya material dan kerusakan lingkungan akibat penambangan yang tidak terkendali. Selain itu, kualitas agregat alami yang tersedia juga semakin menurun, yang dapat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengganti agregat kasar alami untuk menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan memastikan kualitas beton tetap terjaga.

Salah satu solusi yang telah banyak diteliti adalah penggunaan agregat daur ulang atau agregat buatan sebagai pengganti agregat kasar alami. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang memenuhi standar yang ditetapkan. Misalnya, penelitian (Salain, 2009) menunjukkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang memenuhi standar yang ditetapkan

Selain agregat daur ulang, pengembangan agregat buatan berbasis geopolimer juga menjadi alternatif. Geopolimer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari proses polimerisasi alkali antara aluminosilikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO_4 dan AlO_4 yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 1994).

Dengan demikian, penelitian mengenai perbandingan kekuatan beton yang mengandung agregat kasar buatan dari semen dan agregat kasar buatan geopolimer menjadi penting untuk dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menemukan alternatif material yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta memastikan kualitas dan kekuatan beton yang dihasilkan tetap optimal.

METODE PENELITIAN

Material

Agregat Buatan (AB)

Agregat buatan pada penelitian ini diperoleh dari proses hidrasi semen (ABs) dan dari proses polimerisasi (ABp). ABs menggunakan pasta semen PCC (*Portland Composite Cement*). Sementara ABp menggunakan abu terbang (*fly ash/FA*) dan alkali activator. Komposisi material yang digunakan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Material ABs

Material	Berat (gr)
FA	600
NaOH	60
Na ₂ SiO ₃	120

Tabel 2. Komposisi Material ABp

Jenis Material	Kebutuhan (kg/m ³)
Semen	600
Air	500
<i>Superplasticizer</i>	4,00

Beton

Mix design beton mnegacu pada metode ACI 211 (2008). Kuat tekan diuji melalui tiga jenis beton; beton normal (N) tanpa campuran agregat buatan, beton dengan substitusi ABs (BABs) dan beton dengan substitusi ABp (BABp). ABs dan ABp menggantikan volume agregat alam (AA) pada beton sebesar 10%. Komposisi campuran beton disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton

Jenis Beton	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Agregat Kasar			SP (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
			AA (kg/m ³)	ABs (kg/m ³)	ABp (kg/m ³)		
N	473	531	1044	-	-	0.95	180
BABs	473	531	920	58	-	0.95	180
BABp	473	531	920	-	58	0.95	180

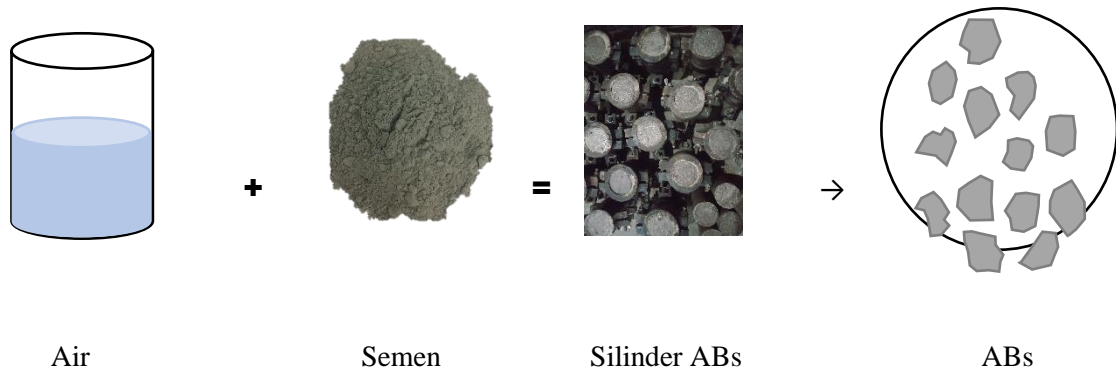
Seluruh sampel beton diuji pada umur 7 dan 28 hari dengan masing-masing umur pengujian menggunakan 3 sampel silinder 100 mm x 200 mm. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada ASTM C39.

Metode

Agregat Buatan Semen (ABs)

Semen *portland* dan air dicampur dengan kecepatan standar. Selama ± 3 menit atau telah tercampur rata, campuran dicetak pada cetakan silinder 50 mm x 100 mm. Setelah

± 24 jam, cetakan dilepas dari pasta dan dirawat melalui *moist curing* [7]. *Moist curing* dilakukan dengan cara menutup permukaan beton kain basah yang direndam air selama ± 10 menit atau kain telah menyerap air secara menyeluruh. Agregat dapat digunakan pengujian atau substitusi beton saat umur mencapai 28 hari. Setelah 28 hari, silinder pasta di-*crushing* dan disaring oleh saringan No.4 (4,75 mm) (Mamlouk, 2017). Metode pembuatan ABs disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Pembuatan ABs

Agregat Buatan Geopolimer (ABp)

Fly ash dan alkali aktivator (NaOH dan Na_2SiO_3) dicampur dengan kecepatan standar hingga tercampur rata, campuran dicetak pada cetakan silinder 50 mm × 100 mm. Setelah ± 24 jam, cetakan dilepas dari pasta dan dirawat melalui perawatan suhu tinggi. Curing suhu tinggi dilakukan dengan cara memasukkan silinder pasta ke dalam oven pada suhu ± 60°C selama 24 jam untuk mempercepat reaksi geopolimerisasi. Setelah curing, agregat didiamkan pada suhu ruang hingga mencapai umur 28 hari. Setelah 28 hari, silinder pasta di-*crushing* dan disaring oleh saringan No.4 (4,75 mm) (Mamlouk, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Agregat Alam vs Agregat Buatan

Resapan air menunjukkan kemampuan agregat menyerap air, yang berkaitan dengan porositas material (ACI 116R). Berdasarkan Tabel 3, Agregat buatan dari pasta semen (ABs) memiliki resapan tertinggi sebesar 7,11%, yang mengindikasikan porositas yang lebih tinggi akibat terbentuknya rongga udara. Sementara itu, agregat buatan dari geopolimer (ABp) memiliki resapan sebesar 5,03%, lebih rendah dibandingkan ABs tetapi masih lebih tinggi dari agregat alam. Hal ini menunjukkan bahwa agregat

geopolimer memiliki struktur yang lebih padat dibandingkan agregat pasta semen namun tetap lebih porous dibandingkan agregat alam.

Keausan mengukur ketahanan agregat terhadap abrasi dan degradasi mekanis (ACI 116R). Agregat alam menunjukkan nilai keausan sebesar 27,4%, menandakan ketahanan yang baik terhadap abrasi. Agregat buatan dari pasta semen (ABs) memiliki nilai keausan tertinggi sebesar 38,5%, menunjukkan ketahanan yang lebih rendah dan lebih rentan terhadap degradasi. Sementara itu, agregat buatan geopolimer (ABp) memiliki nilai keausan sebesar 29,7%, lebih baik dibandingkan ABs namun masih di bawah agregat alam.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Alam dan Agregat Buatan

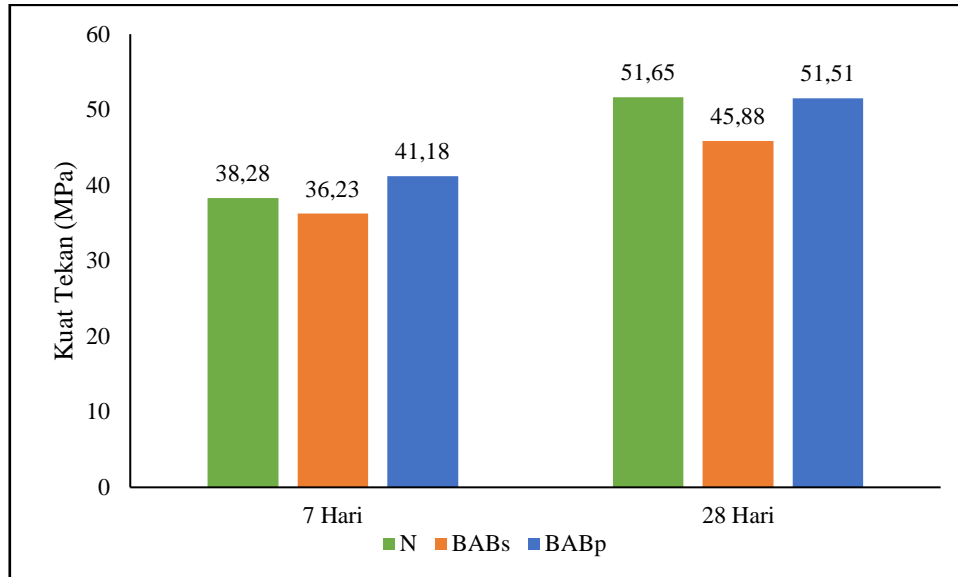
Karakterisasi	AA	ABs	ABp	Standar
Resapan	0,89%	7,11%	5,03%	ASTM C127
Berat Jenis	2,500 t/m ³	1,570 t/m ³	1,690 t/m ³	ASTM C127
Berat Volume	1,390 t/m ³	0,911 t/m ³	1,020 t/m ³	ASTM C29
Keausan	27,4%	38,5%	29,7%	ASTM C131

Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Alam dan Agregat Buatan

Berdasarkan Gambar 2, Pada umur 7 hari, beton dengan agregat BABp (geopolimer) memiliki kuat tekan tertinggi (41,18 MPa), sedangkan beton dengan agregat BABs (pasta semen) memiliki kuat tekan terendah (36,23 MPa). Pada umur 28 hari, beton dengan agregat alami (N) memiliki kuat tekan tertinggi (51,65 MPa), diikuti oleh BABp (geopolimer) dengan 51,51 MPa, yang hampir setara. Beton dengan BABs (pasta semen) tetap yang terendah (45,88 MPa). BABs memiliki kuat tekan paling rendah pada kedua umur, ini terjadi disebabkan karena porositas lebih tinggi dan ketahanan abrasi yang lebih rendah (Wu, dkk. 2016).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk sifat agregat yang digunakan. Sampel pada penelitian ini, beton dengan agregat BABs (pasta semen) memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan BABp (geopolimer) dan agregat alami (N) pada umur 7 dan 28 hari. Hal ini dapat dipengaruhi oleh porositas dan abrasi. Porositas yang lebih tinggi menyebabkan penurunan densitas dan peningkatan permeabilitas, yang berdampak pada penurunan kuat tekan (Wu, dkk., 2016). Struktur

pasta semen yang lebih rapuh, dibandingkan dengan agregat geopolimer yang lebih padat dan tahan terhadap abrasi. Ikatan antara agregat BABs dan matriks semen yang lebih lemah, karena agregat ini dapat memiliki residu hidrasi lama yang menghambat interaksi optimal dengan pasta semen baru (Zhan & Poon, 2014).



Gambar 2. Kuat Tekan Beton

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisis, dapat disimpulkan, penggunaan agregat buatan dari geopolimer (BABp) menunjukkan performa yang kompetitif dibandingkan agregat kasar alami (N). Pada umur 7 hari, beton dengan BABp memiliki kuat tekan tertinggi (41,18 MPa), sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan BABp (51,51 MPa) hampir setara dengan beton menggunakan agregat alami (51,65 MPa). Agregat buatan dari pasta semen (BABs) memiliki kuat tekan terendah di antara ketiga jenis agregat yang diuji. Pada umur 7 hari, BABs memiliki kuat tekan 36,23 MPa, dan meningkat menjadi 45,88 MPa pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa BABs memiliki keterbatasan dalam meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dua jenis agregat lainnya. Peningkatan kuat tekan beton dari 7 hari ke 28 hari paling signifikan terjadi pada beton dengan agregat alami (34,94%), diikuti oleh BABs (26,63%) dan BABp (25,09%).

Dari segi potensi substitusi agregat kasar alami, BABp (geopolimer) lebih direkomendasikan karena memberikan kuat tekan yang hampir setara dengan beton

normal pada umur 28 hari, sehingga dapat menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi eksploitasi agregat alam. Penggunaan agregat buatan dari pasta semen (BABs) perlu ditingkatkan kualitasnya agar dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih baik, misalnya dengan optimasi proporsi campuran dan proses produksi agregat buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute Committee. (2008). *Guide for selecting proportions for high-strength concrete using portland cement and other cementitious materials*. American Concrete Institute
- American concrete Institute. (2000). Cement and Concrete Terminology ACI 116R-00.
- American Standard Testing and Material. (2001). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*.
- American Standard Testing and Material. (2009). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. https://doi.org/10.1520/C0029_C0029M-09
- American Standard Testing and Material. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-14
- American Standard Testing and Material. (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-18
- American Standard Testing and Materials. (1998). *Standard Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes*
- Davidovits, J. (1994). *Global Warming Impact on the cement and aggregate industries*. World resource Review, 6, (2), 263-278.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2017). *Materials for Civil and Construction Engineers (4th Edition)*. British.
- Salain, I Made Alit Karyawan. 2009. *Pengaruh Jenis Semen Dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton*. 32 (1), 63-70. Teknologi dan Kejuruan. Universitas Udayana.
- Wu, Z., Shi, C., Khayat, K. H., & Wan, S. (2016). *Effects of different nanomaterials on hardening and performance of ultra-high strength concrete (UHSC)*. Cement and Concrete Composites, 70, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.03.003>.
- Zhan, B., & Poon, C.S. (2014). Enhancement of recycled aggregate properties by accelerated carbonation. *Cement and Concrete Composites*, 42, 63-72. [10.1016/j.conbuildmat.2013.09.008](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.008).