

Pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi pada beton

Bachtiar Muhsin Nurrais^{1,*}, Anggit Mas Arifudin¹, Suharyatmo¹

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Fly ash
Ceramic powder
Compressive strength
Splitting tensile strength
Absorption

Corresponding Author:

Bachtiar Muhsin Nurrais
21511190@students.uii.ac.id

Abstract

Concrete utilizing fly ash as a partial replacement for cement and ceramic waste powder as a partial replacement for fine aggregate was employed in this study to examine its effects on compressive strength, splitting tensile strength, and water absorption. The use of fly ash and ceramic waste powder serves as an effort to manage waste materials that continue to accumulate and are increasingly encountered, thereby helping to mitigate the impacts of waste buildup. This research was conducted using a laboratory experimental method. The concrete mix was designed to achieve a strength of 25 MPa based on SNI 03-2834-2000. The mixture consisted of 20% fly ash by cement weight and ceramic waste powder variations of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12% by fine aggregate weight. A total of 54 cylindrical specimens were used, with three specimens for each variation for compressive strength, splitting tensile strength, and concrete absorption tests at the age of 28 days. The results indicate that the most optimal mixture for compressive and splitting tensile strength was 20% fly ash and 6% ceramic powder, producing a compressive strength of 31.46 MPa (an increase of 18.26%) and a splitting tensile strength of 2.44 MPa (an increase of 28.01%) compared to normal concrete. Meanwhile, the best absorption value was achieved with the 20% fly ash and 12% ceramic powder variation, resulting in 4.21% absorption or a 14.28% reduction. Overall, the 20% fly ash and 6% ceramic powder mixture produced the highest compressive and splitting tensile strengths, while the 20% fly ash and 12% ceramic powder mixture yielded the lowest absorption value, indicating that this combination of waste materials can be recommended to enhance concrete quality.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan terhadap api, dan kemampuan untuk dibentuk sesuai kebutuhan struktur. Namun, proses produksi beton secara konvensional memerlukan jumlah semen yang besar, yang

berkontribusi terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) yang signifikan. Oleh karena itu, penggunaan bahan tambahan seperti serbuk keramik dan *fly ash* menjadi solusi yang potensial untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan kinerja beton.

Limbah keramik merupakan material yang sulit terurai di lingkungan dan sering kali tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah ini memiliki sifat fisik dan kimia yang berpotensi

digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus atau bahkan sebagian semen dalam campuran beton. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7656:2012, bahan tambahan yang bersifat pozzolan dapat berkontribusi pada peningkatan kekuatan beton jika digunakan dengan takaran yang tepat, misalnya limbah keramik yang telah dihaluskan hingga menjadi serbuk keramik.

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), juga memiliki karakteristik pozzolan yang mampu meningkatkan kinerja beton. Berdasarkan SNI 7656:2012, abu terbang (*fly ash*) dapat berfungsi sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan tekan, durabilitas, dan mengurangi permeabilitas beton. Biasanya *fly ash* digunakan untuk substitusi atau pengganti sebagian semen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton. Penggunaan kedua material ini diharapkan dapat menghasilkan beton yang tidak hanya memiliki kekuatan optimal, tetapi juga mampu mengurangi penggunaan semen dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah industri yang selama ini belum banyak dimanfaatkan secara maksimal.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh formulasi campuran beton yang efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan demi lingkungan yang berkelanjutan.

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka rumusan masalah yang didapatkan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tarik belah beton?

3. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap absorpsi beton?
4. Berapa nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi pada kadar optimum campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik pada campuran beton?

Batasan masalah

Adapun Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut.

1. *Fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* tipe c dengan persentase 20% terhadap berat semen.
2. Serbuk keramik yang digunakan sebagai variasi substitusi yaitu dimulai dari 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% terhadap agregat halus tanpa dilakukan konversi berat volume.
3. Pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton pada umur 28 hari.
4. Tidak ada analisis tambahan dengan bantuan aplikasi.

Tinjauan Pustaka

Meninjau penelitian terdahulu bertujuan untuk menemukan hal-hal relevan dengan penelitian yang dilakukan, seperti kesamaan subjek atau metode. Dengan memahami hasil penelitian sebelumnya, maka dapat dilakukan perbandingan untuk menghindari duplikasi dan memastikan penelitian yang dilakukan memberikan kontribusi hal yang baru. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai perbandingan yaitu :

1. Mufti Amir Sultan, dkk. (2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan *fly ash* dari PLTU Rum Tidore Kepulauan pada campuran beton dengan menggunakan 90 benda uji silinder 15x30 cm dan mutu rencana 25 MPa.
2. Dwitami, dkk. (2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi serbuk keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti 15% dari berat semen terhadap kuat tarik belah dan porositas

beton menggunakan beton silinder 15x30 cm dan mutu rencana 20 MPa.

3. Alfatory, dkk. (2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu terbang sebagai pengganti semen terhadap berat jenis dan kuat tekan beton menggunakan beton silinder 15x30 cm dan mutu rencana 25 MPa.
4. Rofikatul, dkk. (2021) Penelitian ini meneliti pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada beton ramah lingkungan menggunakan 36 benda uji silinder berukuran 15×30 cm dan mutu rencana 30 MPa.
5. Hermansyah, dkk. (2022) Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan limbah keramik terhadap kuat tekan beton dengan acuan SNI 03-2834-2000 menggunakan benda uji silinder 15x30 cm yang diuji pada umur 28 hari.

Landasan Teori

Adapun beberapa acuan yang dipakai dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bahan campuran beton (SNI 7656:2012)
2. Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000)
3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)
4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)
5. Pengujian analisa saringan agregat (SNI 1968:1990)
6. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat (SNI 4804:1998)
7. Pengujian lolos saringan no. 200 (SNI 4142:1996)
8. Pengujian kuat tekan beton silinder (SNI 1974:2011)
9. Pengujian kuat tarik belah beton silinder (SNI 2491:2014)
10. Pengujian penyerapan air pada beton (SNI 03-6433-2016)

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan material sebagai berikut.

1. Agregat kasar berukuran maksimal 20 mm yang berasal dari Clereng.
2. Agregat halus berasal dari Progo.
3. Semen menggunakan jenis PCC (Portland Composite Cemen) dengan merek Tiga Roda.
4. Air berasal dari laboratorium Teknik bahan konstruksi UII.
5. *Fly ash* menggunakan tipe C.
6. Serbuk limbah keramik yang berasal dari sisa pembangunan wilayah Sleman, D.I. Yogyakarta.

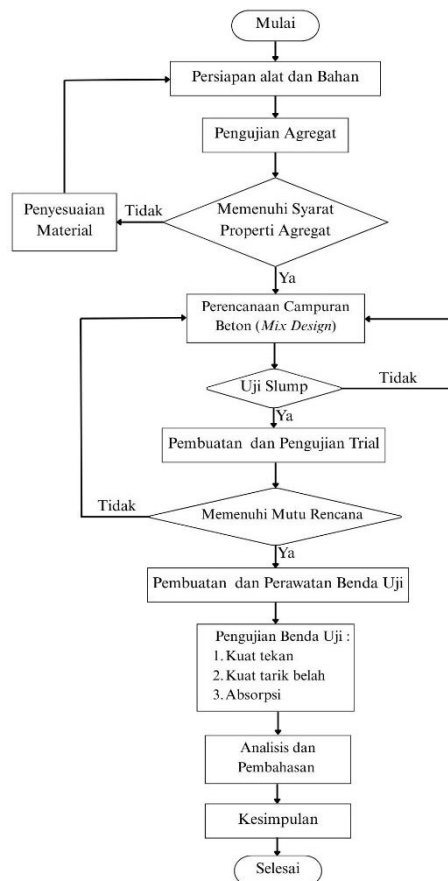
Sampel pengujian

Benda uji dalam penelitian ini berupa beton silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan campuran *fly ash* sebagai substitusi semen dan serbuk limbah keramik sebagai variasi substitusi agregat halus. Adapun perincian benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Rincian Benda Uji

Jenis Pengujian	Kadar <i>Fly ash</i> (%)	Kadar Serbuk Keramik (%)	Kode	Jumlah Sampel
Kuat Tekan Beton	0	0	N00	3
	20	0	N01	3
	20	3	N02	3
	20	6	N03	3
	20	9	N04	3
	20	12	N05	3
Kuat Tarik Belah Beton	0	0	K00	3
	20	0	K01	3
	20	3	K02	3
	20	6	K03	3
	20	9	K04	3
	20	12	K05	3
Absorpsi beton	0	0	A00	3
	20	0	A01	3
	20	3	A02	3
	20	6	A03	3
	20	9	A04	3
	20	12	A05	3
Total sampel				54

Adapun bagan alir untuk mendukung penelitian agar lebih terarah sebagai berikut.



Analisis dan Pembahasan

Adapun pembahasan mengenai bahan penyusun beton serta hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

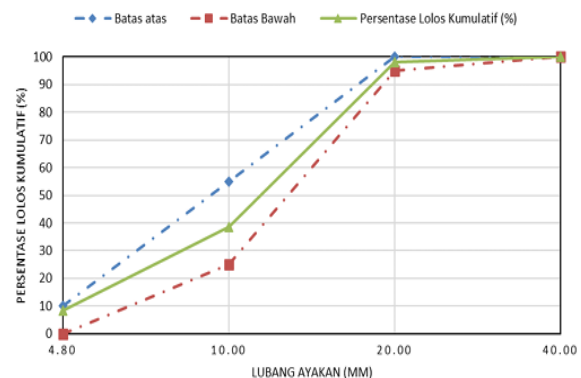
Hasil pemeriksaan agregat kasar

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
Hasil di dapatkan bahwa nilai rata – rata untuk berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) sebesar 2,653 dan 1,420 %. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal yaitu berat jenis sebesar 2,4 – 2,7 dan penyerapan air sebesar $\leq 3\%$.
2. Analisa Saringan
Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai modulus halus butir agregat kasar sebesar 6,408. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal pada SK SNI S-04-1989-F yaitu diantara 6,0-7,1. Agregat

kasar yang digunakan termasuk dalam gradasi maksimum 20 mm. Adapun penentuan gradasi dapat dilihat pada Tabel 2 serta Gambar 1 berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Saringan Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
38,1	0,000	0,000	0,000	100
19	94	1,88	1,88	98,12
9,5	2978	59,58	61,46	38,54
4,75	1504	30,09	91,56	8,44
2,36	251	5,02	96,58	3,46
1,18	37	0,74	97,32	2,68
Pan	134	2,68	100	0,000
Jumlah	4998	100	640,756	



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm

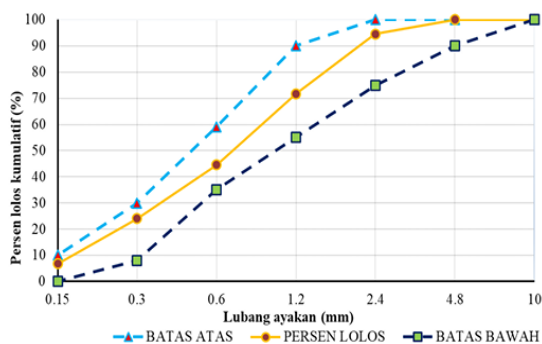
3. Berat volume padat dan gembur
Berat volume padat dan gembur di dapatkan sebesar 1,521 gram/ cm³ dan 1,351 gram/ cm³. Sehingga sudah memenuhi syarat yaitu sebesar 1,39 gram/ cm³ - 1,69 gram/ cm³. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal pada SNI 03-4804-1998 yaitu diantara 1,39 gram/ cm³ - 1,69 gram/ cm³.

Hasil pemeriksaan agregat halus

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
Hasil di dapatkan bahwa nilai rata – rata untuk berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) sebesar 2,825 dan 1,115 %.
2. Analisa Saringan
Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai modulus halus butir agregat halus sebesar 2,583. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal agregat halus pada SK SNI S-04-1989-F yaitu diantara 1,5-3,8. Agregat halus yang digunakan termasuk dalam gradasi 2 kategori pasir sedang. Adapun penentuan gradasi dapat dilihat pada Tabel 3 serta Gambar 2 berikut ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Analisis Saringan Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
4,75	0	0,000	0,000	100
2,36	108	5,410	5,410	94,59
1,18	456	22,830	28,240	71,76
0,60	543	27,190	55,430	44,57
0,30	410	20,530	75,960	24,04
0,15	345	17,280	93,240	6,76
Pan	135	6,760	100,000	0,000
Jumlah	1997	100,000	258,29	



Gambar 2. Grafik Gradasi No. 2 (pasir sedang)

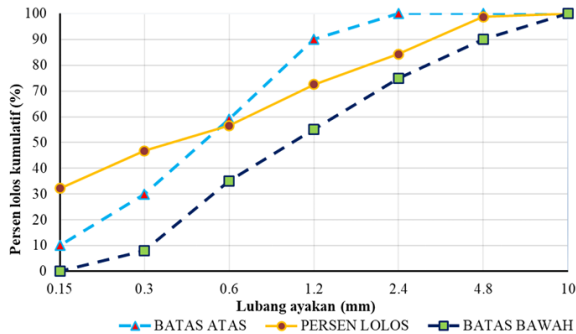
3. Berat volume padat dan gembur
Berat volume padat dan gembur di dapatkan sebesar 1,747 gram/ cm³ dan 1,516 gram/ cm³. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal pada yaitu diantara 1,4 gram/ cm³ - 1,9 gram/ cm³.
4. Pengujian kadar lumpur
Kadar lumpur didapatkan sebesar 1,60%, maka nilai lolos saringan No.200 agregat halus yang telah sesuai dengan SNI 03-4142-1996 yaitu dalam rentang (<5%) / maksimum 5%.

Hasil pemeriksaan serbuk keramik

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
Hasil di dapatkan bahwa nilai rata – rata untuk berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) sebesar 2,359 dan 3,199 %.
2. Analisa Saringan
Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai modulus halus butir serbuk keramik sebesar 2,089. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal agregat halus pada SK SNI S-04-1989-F yaitu diantara 1,5-3,8. Serbuk keramik yang digunakan mendekati gradasi 2 kategori pasir sedang. Adapun penentuan gradasi dapat dilihat pada Tabel 4 serta Gambar 3 berikut ini.

Tabel 4. Rekapitulasi Analisis Saringan Serbuk Keramik

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
4,75	25	1,250	1,250	100
2,36	289	14,480	15,730	98,75
1,18	235	11,770	27,510	72,49
0,60	317	15,880	43,390	56,61
0,30	196	9,820	53,210	46,79
0,15	292	14,630	67,840	32,16
Pan	642	32,160	100,000	0,000
Jumlah	1996	100,000	208,918	



Gambar 3. Grafik Mendekati Gradasi No. 2 (pasir sedang)

3. Berat volume padat dan gembur
Berat volume padat dan gembur di dapatkan sebesar 1,508 gram/ cm³ dan 1,300 gram/ cm³. Hal ini telah memenuhi persyaratan normal.

Hasil perencanaan campuran (mix design)

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini disusun berdasarkan acuan SNI 03-2834-2002. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proporsi agregat halus yang digunakan termasuk dalam klasifikasi gradasi 2, yaitu pasir sedang. Sementara itu, proporsi agregat kasar berada pada klasifikasi persentase butir agregat yang lolos ayakan 20 mm. Rekapitulasi hasil perhitungan perencanaan proporsi campuran beton (*mix design*) untuk *mixing* tiap variasi disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton

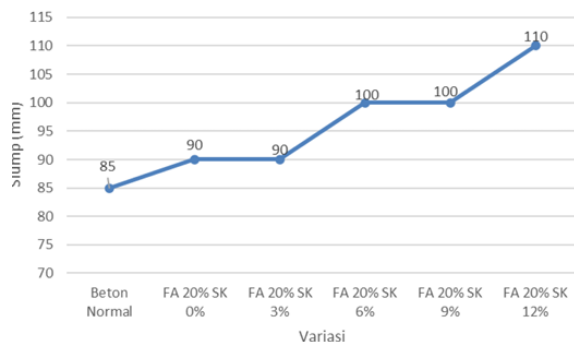
Kadar Fly ash		Kadar Serbuk Keramik		Air	Semen	Pasir	Kerkil
%	kg	%	kg	kg	kg	kg	kg
0	0	0	0	13,205	26,409	48,357	68,165
20	5,282	0	0	13,205	21,127	48,357	68,165
20	5,282	3	1,451	13,205	21,127	46,906	68,165
20	5,282	6	2,901	13,205	21,127	45,455	68,165
20	5,282	9	4,352	13,205	21,127	44,005	68,165
20	5,282	12	5,803	13,205	21,127	42,554	68,165

Pengujian slump test

Dari pengujian *slump* yang telah dilakukan didapatkan hasil yang dapat dilihat di Tabel 6 dan Gambar 4 sebagai berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai *Slump*

Variasi	Nilai <i>Slump</i> mm	Keterangan Syarat (60-180 mm)
Beton Normal	85	Memenuhi
FA 20% SK 0%	90	Memenuhi
FA 20% SK 3%	90	Memenuhi
FA 20% SK 6%	100	Memenuhi
FA 20% SK 9%	100	Memenuhi
FA 20% SK 12%	110	Memenuhi



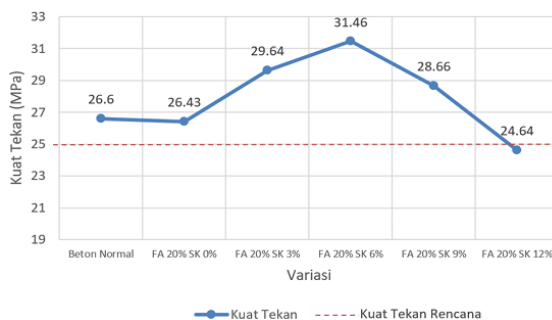
Gambar 4. Grafik Pengujian Slump

Pengujian kuat tekan

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan pada sampel benda uji kode N00-1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{445,96}{17765,83} \\ &= 25,24 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya. Data rata-rata hasil perolehan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan berikut ini.



Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat Tekan

Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai kuat tekan beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Bahan keramik memiliki kandungan silika (SiO_2) yang merupakan bahan kimia yang mampu meningkatkan kualitas beton melalui reaksi antara kandungan silika dan kalsium bebas yang terdapat di dalam campuran beton (Nadia dan Fauzi, 2011). Akan tetapi, apabila terlalu banyak serbuk keramik juga akan menyebabkan penurunan kuat tekan dikarenakan daya serap air oleh keramik yang lebih tinggi dibanding pasir sehingga berpengaruh terhadap faktor air semen (Zein Alfaton et al., 2019). Sementara itu semakin besar kadar *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan beton, namun penggunaan berlebihan justru akan

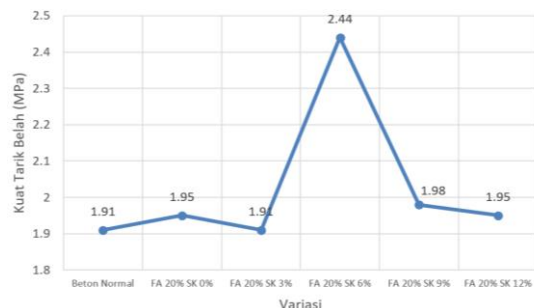
menurunkannya karena jika *fly ash* terlalu banyak, maka jumlah semen aktif akan berkurang sehingga pengikatan campuran beton juga kurang optimal (Erviyanto et al., 2016).

Pengujian kuat tarik belah

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tarik belah pada sampel benda uji kode K00-1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\ &= \frac{2 \times 130}{3,14 \times 149,95 \times 17612,6} \\ &= 1,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya. Data rata-rata hasil perolehan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan berikut ini.



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah

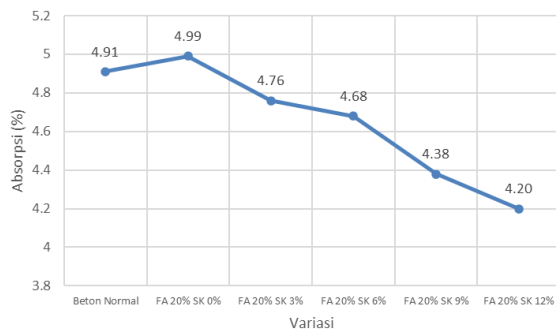
Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai kuat tarik belah beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Kadar optimum *fly ash* sebagai substitusi semen dapat menjadikannya sebagai filler namun jika terlalu banyak akan mengurangi kadar semen aktif, begitu juga dengan serbuk keramik pada kadar optimum akan berfungsi sebagai filler namun jika terlalu banyak justru dapat menghalangi pengikatan antara semen dengan agregat (Sekarini et al., 2019).

Pengujian absorpsi

Berikut merupakan contoh perhitungan pengujian absorpsi pada sampel benda uji kode A00-1 sebagai berikut.

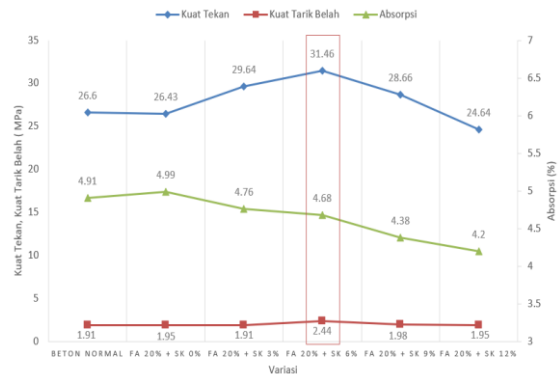
$$\begin{aligned} PA &= \frac{B - A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{12908 - 12406}{12406} \times 100\% \\ &= 4,05\% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya. Data rata-rata hasil perolehan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan berikut ini.



Gambar 7. Grafik Pengujian Absorpsi

Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai absorpsi beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Tinggi rendahnya nilai absorpsi pada beton dipengaruhi oleh porositasnya. Semakin banyak serbuk keramik, maka porositasnya akan semakin rendah. Hal tersebut disebabkan serbuk keramik memiliki ukuran lebih kecil daripada pasir pada umumnya sehingga dapat berfungsi sebagai filler untuk menutupi pori agar air sulit untuk meresap begitu juga dengan *fly ash* (Sekarini et al., 2019).



Gambar 8. Grafik Hubungan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi Beton

Secara keseluruhan, ketiga parameter pengujian tersebut memiliki keterkaitan yang erat yang dipengaruhi oleh tingkat porositas dan kepadatan beton. Beton yang memiliki mikrostruktur lebih padat dan kompak umumnya menunjukkan nilai absorpsi yang lebih rendah, karena jumlah pori terbuka yang mampu menyerap air relatif kecil. Kondisi mikrostruktur yang padat tersebut juga berkontribusi terhadap meningkatnya kuat tekan serta kuat tarik belah beton, karena ikatan antara pasta semen dan agregat menjadi lebih baik dan merata. Sebaliknya, peningkatan jumlah pori atau rongga dalam beton akan menyebabkan kemampuan beton menyerap air menjadi lebih tinggi, yang tercermin dari nilai absorpsi yang meningkat. Pada kondisi ini, beton cenderung mengalami penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah akibat berkurangnya luas bidang efektif penahan beban serta melemahnya ikatan internal beton.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, serta pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai kuat tekan sebesar 31,46 MPa dengan persentase peningkatan sebesar 18,26% dibandingkan dengan beton normal

2. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai kuat tarik belah sebesar 2,44 MPa dengan persentase peningkatan sebesar 28,01%.
3. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas beton dengan menurunkan nilai absorpsinya. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik dengan nilai absorpsi sebesar 4,21% dengan persentase penurunan sebesar 14,28%.
4. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 31,46 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai terkecil 24,64 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik belah menghasilkan nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 2,44 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 6% dengan nilai terkecil 1,91 MPa yakni beton normal. Adapun untuk pengujian absorpsi menunjukkan bahwa nilai absorpsi tertinggi sebesar 4,99% yakni variasi 20% *fly ash* dan 0% serbuk keramik dengan nilai absorpsi terkecil sebesar 4,21% yakni variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya tentang substitusi *fly ash* dan serbuk keramik pada campuran beton sebagai berikut.

1. Diperlukan pengujian-pengujian beton yang lain untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh dari substitusi *fly ash* dan serbuk keramik.

2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian pada umur beton selain 28 hari untuk mengetahui perkembangan pengaruhnya.
3. Diperlukan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dalam proses pembuatan beton serta tambahan aplikasi untuk membantu analisis agar hasil lebih valid dan akurat.
4. Diperlukan konversi untuk berat volume serbuk keramik terhadap berat volume agregat halus pada penelitian berikutnya agar mendapatkan hasil yang lebih konkret.

Daftar Pustaka

- Amir, M., Imran, & Faujan, M. (2019). Pengaruh penambahan limbah pembakaran batubara (*fly ash*) ex PLTU Rum pada campuran beton. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 86–96.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa* (SNI 7656:2012). Badan Standardisasi Nasional.
- Dwitami, S., Sunarsih, E. S., & Siswanto, B. (2019). Pengaruh serbuk keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu-terbang (*fly ash*) sebagai pengganti 15% berat semen terhadap kuat tarik belah dan porositas beton. *Indonesian Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE)*, 5(2), 27–34.
- Hermansyah, H., Suryanto, D., & Rasdiati, R. (2022). Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Keramik terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 113–119.
- Karimah, R., & Rusdianto, Y. (2021). Pemanfaatan limbah keramik sebagai agregat halus pada beton ramah lingkungan. *Media Teknik Sipil*, 19(1), 17–23.
- Zein Alfaton, M., Sri Sunarsih, E., & Sri Agustin, R. (2019). *THE INFLUENCE STUDY OF CERAMIC POWDER AND FLY ASH AS SUBSTITUTIONAL MATERIAL OF CONCRETE ON SPECIFIC GRAVITY AND COMPRESSION STRENGTH*. *Indonesian Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE)*, 5(2), 68–77.