RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/TS/about

Perbandingan Penggunaan Kalsium Karbonat Dan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen

Comparison of the Use of Calcium Carbonate and Fly Ash as Cement Substitutes

Resqi Prananda[1(*)], Arusmalem Ginting[2], Bing Santosa[3], Prasetya Adi[4]
Teknik Sipil, Universitas Janabadra, Jalan Tentara Pelajar no. 55-57, Indonesia[1,2,3,4]

Korespondensi (*): resqi_prananda@janabadra.ac.id
Profil Korenspondensi
Teknik Sipil, Universitas Janabadra, Jalan Tentara Pelajar no. 55-57, Indonesia

Submission	*Revision*	*Accepted*
05/01/2023	18/02/2023	10/03/2023

Abstract

Concrete is one of the most widely used construction materials in modern bulid structure. Concrete is obtained by mixing cement, water, sand, gravel and for certain conditions can use admixtures in the form chemicals, fibers, non-chemical materials in a certain ratio. Cement in concrete is very important because it is the adhesive material between coarse and fine aggregates, the functions of cement which is the most expensive material for concrete. Cement must be reduced because it will exacerbate the formation CO2 gas, which will result in global warming.

This research discusses the comparison of the use of calcium carbonate (CaCO3) and fly ash as cement substitutes in concrete mixtures. This study aims to evaluate the effect of this substitution on slump value, volume, weight and compressive strength of concrete. The mixture variations of cement substitution by calcium carbonate and fly ash were 5%, 10%, 15% and 20% of the total cement weight, respectively. The test specimens used were cylinders 15 cm in diameter and 30 cm high for compressive strength testing at 28 days of age.

From the results of the study, it can be concluded that the substitution of cement with fly ash is more effective in increasing workability at a percentage of 10% to 15% while the substitution of calcium carbonate is more effective in maintaining workability at a percentage of 10% to 20%. The volume weight of calcium carbonate and fly ash did not significantly affect the volume weight of concrete when used as a cement substitute. The compressive strength of concrete with calcium carbonate substitution is higher than fly ash substitution. The compressive strength of concrete with calcium carbonate substitution at a percentage of 5% to 15% is higher than fly ash substitution and normal concrete but at a percentage of 20% fly ash substitution is higher than calcium carbonate substitution and normal concrete. The optimum compressive strength for calcium carbonate substitution is at 5% percentage while the optimum compressive strength for fly ash substitution is at 10% percentage substitution. Calcium carbonate and fly ash substitution can be used to reduce cement consumption up to 20% with a planned compressive strength f'c 20 MPa.

Keywords: *Concrete, Fly ash, Calcium carbonate*

Abstrak

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak dipergunakan dalam struktur bangunan modern. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen , air, pasir, kerikil, dan untuk kondisi tertentu bisa menggunakan bahan tambahan (admixture) yang berupa bahan kimia, serat, bahan non kimia dengan perbandingan tertentu. Semen dalam beton menjadi sangat penting karena sebagai bahan perekat antara agregat kasar dan agregat halus, fungsi semen yang merupakan bahan susun beton yang paling mahal. Semen harus dikurangi karena akan memperburuk terbentuknya gas CO2, yang akan menghasilkan pemanasan global.

Penelitian ini membahas perbandingan penggunaan kalsium karbonat (CaCO3) dan fly ash sebagai substitusi semen dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi ini terhadap nilai slump, berat volume dan kuat tekan beton. Variasi campuran substitusi semen oleh kalsium karbonat dan fly ash masing-masing sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dari total berat semen. Benda uji yang dipakai berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan substitusi semen dengan fly ash lebih efektif meningkatkan workabilty pada persentase 10% sampai 15% sedangkan substitusi kalsium karbonat lebih efektif mempertahankan workability pada persentase 10% sampai 20%. Untuk berat volume kalsium karbonat dan fly ash tidak berpengaruh secara signifikan terhadap berat volume beton jika dijadikan substitusi semen. Nilai kuat tekan beton dengan substitusi kalsium karbonat mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada substitusi fly ash. Kuat tekan beton dengan substitusi kalsium karbonat pada persentase 5% sampai 15% mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada substitusi fly ash dan beton normal akan tetapi pada persentase 20% substitusi fly ash mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada substitusi kalsium karbonat dan beton normal. Kuat tekan optimal untuk substitusi kalsium karbonat terdapat pada persentase 5% sedangkan kuat tekan optimal untuk substitusi fly ash terdapat pada persentase substitusi 10%. Substitusi kalsium karbonat dan fly ash bisa digunakan untuk mengurangi pemakaian semen hingga 20% dengan kuat tekan rencana f’c 20 MPa.

Kata Kunci: Beton bertulang, Fly ash, Kalsium karbonat

Copyright © 2023, Author

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Pendahuluan

Industri konstruksi saat ini semakin berkembang seiring dengan peningkatan kebutuhan akan material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu material yang memiliki peran krusial dalam konstruksi adalah beton, sebagai bahan utama dalam struktur bangunan. Pembuatan beton memerlukan penggunaan semen sebagai bahan pengikat utama dan pada dasarnya semen portland telah menjadi bahan standar selama bertahun-tahun, namun penggunaannya menyebabkan dampak lingkungan yang signifikan terutama dalam hal emisi karbon dioksida (CO2) selama proses produksi.

Dalam upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi, penelitian tentang substitusi bahan baku beton dengan material alternatif telah menjadi fokus utama. Kalsium karbonat dan fly ash adalah dua jenis material yang menarik perhatian sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Kalsium karbonat yang diperoleh dari PT. Omya Indonesia (perusahaan multinasional yang bergerak di bidang produksi kalsium karbonat). Fly ash berasal dari sisa pembakaran industri batubara yang tidak terpakai dan memiliki potensi untuk mengurangi emisi CO2 sekaligus meningkatkan sifat mekanis beton.

Tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan analisis perbandingan penggunan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen pada campuran beton dengan nilai f'c 20 MPa. Mutu beton f'c 20 MPa dipilih sebagaifokus penelitian karena merupakan salah satu mutu beton yang umum digunakan dalam konstruksi ringan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan alternatif yang efektif dan efisien dalam mengurangi penggunaan semen portland tanpa mengorbankan sifat mekanis beton.

Metode

Bagian metode harus ditulis singkat, padat, jelas, tetapi mencukupi. Ia menjelaskan penggunaan metode penelitian, prosedur pelaksanaan, alat, bahan, atau instrumen harus dijelaskan dengan baik, namun bukan berupa teori. Jika dipandang perlu, ada lampiran mengenai kisi-kisi instrumen atau penggalan bahan yang digunakan. Jika ada rumus-rumus statistik yang digunakan sebagai bagian dari metode, rumus yang sudah umum digunakan tidak perlu ditulis. Misalnya, ada ketentuan spesifik yang ditetapkan oleh peneliti dalam rangka mengumpulkan dan menganalisis data dijelaskan pada bagian metode ini. Bagian ini ditulis sebanyak maksimum 10% (untuk penelitian kualitatif) atau maksimum 15% (untuk penelitian kuantitatif) dari badan artikel.

Penelitian ini juga akan melibatkan analisis kuat tekan, workability dan berat volume sebagai parameter utama karena hal tersebut merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kualitas dan kinerja beton. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sekaligus menginspirasi praktisi konstruksi untuk mengadopsi bahan alternatif yang ramah lingkungan dalam dunia konstruksi. Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen terhadap tingkat (workability) beton. kemudahan pekerjaan
2. Menganalisis pengaruh penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen terhadap berat volume beton.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton.
4. Membandingkan secara kuantitatif pengaruh penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen terhadap workability, berat volume dan kuat tekan beton

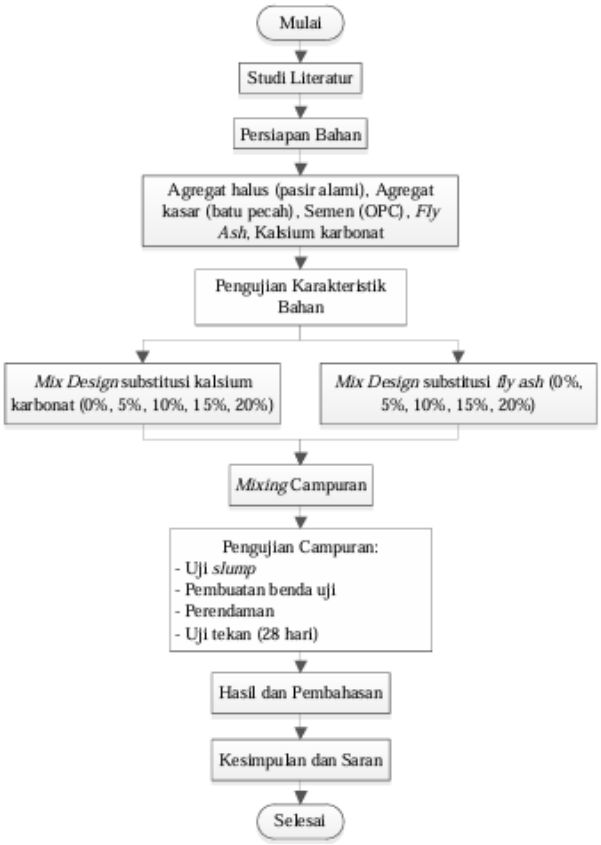
Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi dampak positif terhadap

pengembangan teknologi beton rendah semen di Indonesia, manfaat yang didapat dari penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat memberikan panduan untuk penggunaan optimal kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen yang ditinjau dari tingkat kemudahan pekerjaan (workability), berat volume dan kuat tekan beton.
2. Hasil penelitian ini dapat menghasilkan output data yang bisa digunakan untuk membandingkan penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen, ditinjau dari tingkat kemudahan pekerjaan (workability), berat volume dan kuat tekan beton.
3. Penelitian ini memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan dengan mengidentifikasi alternatif pengganti sebagian dari semen yang dapat mengurangi emisi CO2 selama produksi semen. Penggunaan kalsium karbonat dan fly ash sebagai substitusi semen dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim dan menjadikan industri konstruksi lebih berkelanjutan.
4. Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan bagi pengembang teknologi konstruksi yang lebih inovatif dan berkelanjutan. Memberikan alternatif dalam formulasi campuran beton sehingga dapat merangsang inovasi dalam industri konstruksi.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart aliran penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton.

Hasil pemeriksaan agregat halus.

Hasil pemeriksaan agregat halus pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Kadar air	3,43	%
2	Kadar lumpur	3,30	%
3	Berat jenis	2,78	–
4	Penyerapan	2,21	%
5	Berat isi	1,28	gram/cm³
6	MHB	2,78	–

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadar air agregat halus sebesar 3,43% nilainya lebih besar dari penyerapannya yaitu sebesar 2,21%, nilai kadar air dan penyerapan ini berfungsi untuk melakukan koreksi terhadap jumlah air yang didapatkan dari nilai faktor air semen. Kadar lumpur agregat halus sebesar 3,30%, nilai ini lebih kecil dari ketentuannya yaitu dengan nilai maksimal 5,00%. Berat jenis agregat halus sebesar 2,78, berat jenis ini melebihi nilai untuk agregat normal yaitu 2,50 sampai 2,70 sedangkan nilai untuk agregat berat jika nilainya melebihi 2,80 maka dari itu nilai ini mendekati agregat berat. Berat isi agregat halus sebesar 1,28 gram/cm3, berat isi ini lebih kecil dari berat isi pada umumnya yaitu 1,6 sampai 1,9 gram/cm3. Modulus halus butir agregat halus sebesar 2,78, nilai ini telah memenuhi syarat dari ketentuannya yaitu 1,5 sampai 3,8.

Hasil pemeriksaan agregat kasar.

Hasil pemeriksaan agregat halus pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Kadar air	2,91	%
2	Kadar lumpur	0,47	%
3	Berat jenis	2,60	-
4	Penyerapan	2,72	%
5	Berat isi	1,32	gram/cm^3
6	MHB	7,60	-
7	Abrasi (*Los Angeles*)	40,85	%

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar air agregat kasar sebesar 2,91% nilainya lebih besar dari penyerapannya yaitu sebesar 2,72%, nilai kadar air dan penyerapan ini berfungsi untuk melakukan koreksi terhadap jumlah air yang didapatkan dari nilai faktor air semen. Kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,47%, nilai ini lebih kecil dari ketentuannya yaitu dengan nilai maksimal 1,00%. Berat jenis agregat kasar sebesar 2,60, berat jenis ini termasuk dalam agregat normal yaitu 2,50 sampai 2,70. Berat isi agregat kasar sebesar 1,32 gram/cm3, berat isi ini lebih kecil dari berat isi pada umumnya yaitu 1,6 sampai 1,9 gram/cm3. Modulus kasar butir agregat kasar sebesar 7,60, nilai ini telah memenuhi syarat dari ketentuannya yaitu 5,00 sampai 8,00. Nilai keausan/abrasi dengan mesin Los Angeles agregat kasar sebesar 40,85% sedangkan syarat keausan/abrasi tidak boleh lebih dari 50% untuk mutu beton kurang dari 20 MPa, artinya agregat kasar dapat digunakan untuk campuran beton dengan mutu kurang dari 20 Mpa.

Hasil pemeriksaan oksida unsur pada kalsium karbonat.

Hasil pemeriksaan oksida unsur pada kalsium karbonat pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan oksida unsur pada kalsium karbonat.

Parameter Pengujian	*Hasil Uji $CaCO_3$*	
	(ppm)	*(%)*
SiO_2	178,837	0,017884
Al_2O_3	-	0,359
Fe_2O_3	489,243	0,048924
SUM	-	0,426
SO_3	896,245	0,089625
CaO	-	83,599
Mg	310,415	0,031042
Na_2O	-	2,01
K_20	706,498	0,07065

Berdasarkan hasil pengujian X-Ray Flourescence yang dilakukan di Laboratorium Radiasi Yogyakarta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), kalsium karbonat tidak memiliki kandungan pozzoland alami seperti yang disyaratkan pada (ASTM C618-12a, 2012). Evaluasi kalsium karbonat sebagai pozzoland dengan menggunakan data dari hasil uji XRF adalah sebagai berikut:

1. Kandungan gabungan SiO2, Al2O3, dan Fe2O3. SiO2, Al2O3, dan Fe2O3 = 0,018% + 0,359% + 0,049% = 0,426% Kandungan ini jauh di bawah persyaratan yaitu minimal 50% untuk pozzoland kelas C yang ditetapkan (ASTM C618-12a, 2012).
2. Kandungan SO3. SO3 = 0,090%. Kandungan SO3 ini berada di bawah batas maksimum 5% yang diizinkan untuk kelas pozzoland C.

Dari analisis ini, jelas bahwa kalsium karbonat tidak memenuhi syarat sebagai pozzoland menurut standar (ASTM C618-12a, 2012) karena kandungan gabungan SiO2, Al2O3, dan Fe2O3 dengan konsentrasi yang sangat rendah, akan tetapi kalsium karbonat memiliki kandungan CaO yang cukup tinggi yaitu sebesar 83,559%. Menurut (Temuujin et al., 2009) dalam penelitiannya CaO merupakan material yang bisa digunakan untuk meningkatkan kuat tekan dalam pembuatan beton menggunakan semen ataupun fly ash. Dalam percobaan geopolimer, CaO bisa meningkatkan apabila digunakan pada beton yang dicuring pada suhu ruangan 20º dan bisa menurunkan kuat tekan apabila dicuring pada suhu ruangan 70º. Pengaruh lain dari CaO terhadap beton ialah dapat mengecilkan pori-pori sehingga dapat memperkuat daya lekat terhadap agregat. Efektifitas kalsium karbonat sebagai bahan pengganti sebagian dari semen pada campuran beton tersebut akan diuji pengaruhnya terhadap kuat tekan.

Hasil pemeriksaan oksida unsur pada fly ash.

Hasil pemeriksaan oksida unsur pada kalsium karbonat pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan oksida unsur pada fly ash.

Parameter Pengujian	*Hasil Uji fly ash*
SiO_2	21,501
Al_2O_3	6,900
Fe_2O_3	25,506
SUM	53,907
SO_3	0,702
CaO	6,957
Mg	0,171
Na_2O	1,506
K_20	1,918

Berdasarkan hasil pengujian X-Ray Flourescence yang dilakukan du Laboratorium Radiasi Yogyakarta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), fly ash memiliki kandungan pozzoland alami seperti yang disyaratkan pada (ASTM C618-12a, 2012). Evaluasi kalsium karbonat sebagai pozzoland dengan menggunakan data dari hasil uji XRF adalah sebagai berikut:

1. Kandungan gabungan SiO2, Al2O3, dan Fe2O3. SiO2, Al2O3, dan Fe2O3 = 21,501% + 6,900% + 25,506% = 53,907%. Kandungan ini berada di atas persyaratan yaitu minimal 50% untuk pozzoland kelas C yang ditetapkan (ASTM C618-12a, 2012).
2. Kandungan SO3. SO3 = 0,702% Kandungan SO3 ini berada di bawah batas maksimum 5% yang diizinkan untuk kelas pozzoland C.

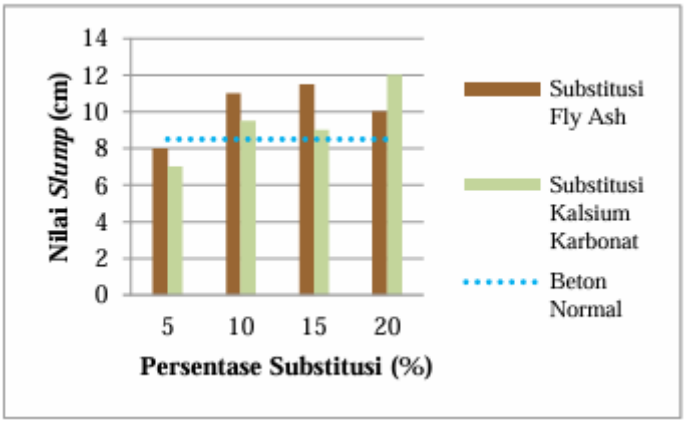
Dari analisis ini, jelas bahwa fly ash memenuhi syarat sebagai pozzoland menurut standar (ASTM C618-12a, 2012) karena kandungan gabungan SiO2, Al2O3, dan Fe2O3 dengan konsentrasi 53,907% yang melebihi batas minimal yaitu 50% untuk pozzoland kelas C.

Hasil Pemeriksaan Nilai Slump.

Hasil pemeriksaan nilai slump pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5 atau Gambar 1.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Nilai Slump.

Persentase Substitusi (%)	*Nilai Slump*	
	Fly Ash (cm)	*$CaCO_3$ (cm)*
0	8,5	8,5
5	8	7
10	11	9,5
15	11,5	9
20	10	12



Gambar 3. Nilai slump terhadap persentase penggunaan substitusi.

Workabilty pada beton mengacu pada kemudahan pekerjaan dan dibentuk selama proses pengecoran. Secara teknis, workabilty adalah sifat dari beton yang mempengaruhi kemampuannya untuk dikerjakan dengan mudah tanpa kehilangan homogenitas dan kekuatannya. Workabilty yang optimal berkontribusi pada efisiensi proses pengecoran, memastikan bahwa beton dapat dicor dengan baik dan menghasilkan struktur yang kuat dan tahan lama. Evaluasi workabilty biasanya dilakukan menggunakan berbagai metode pengujian seperti slump test dan flow test. Pada penelitian ini digunakan metode slump test untuk mengetahui tingkat workabilty pada campuran beton dengan nilai slump rencana sebesar 10±2 cm, nilai slump yang didapat pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 atau Gambar 3.1.

Nilai slump untuk campuran beton dengan substitusi kalsium karbonat cenderung naik seiring meningkatnya persentase penggunaan kalsium karbonat, pada persentase 10% sampai 20% beton dengan substitusi kalsium karbonat ini mendapatkan nilai slump yang lebih tinggi daripada beton normalnya, hal ini disebabkan kalsium karbonat

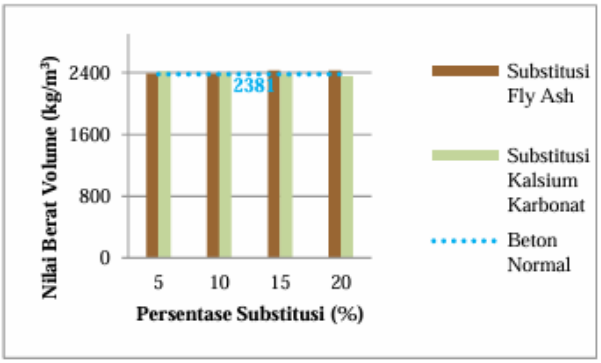
bertindak sebagai pengisi dan cenderung tidak larut dalam air. Nilai slump untuk campuran beton dengan substitusi fly ash juga sama dengan campuran beton yang disubstitusi kalsium karbonat yaitu cenderung naik seiring meningkatnya persentase penggunaan fly ash, dari persentase 10% sampai 20% mendapatkan nilai slump yang lebih tinggi daripada beton normalnya hal ini disebabkan bentuk partikel fly ash yang bulat dan memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga mengurangi void dan mengurangi kebutuhan air (Naganathan et al., 2015).

Hasil Pemeriksaan Berat Volume

Pengujian berat isi atau berat volume kering masing-masing benda uji silinder beton dilakukan setelah perawatan (pengecoran sampai perendaman sampel) yaitu umur 28 hari. Sebelum proses capping belerang untuk meratakan sisi atas dan bawah benda uji, terlebih dahulu diukur diameter kedua sisi dan tinggi. Hasil pengujian berat volume benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6 atau Gambar 3.2.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Berat Volume

Persentase Substitusi (%)	*Nilai Berat Volume Fly Ash (Kg/m^3)*	*Nilai Berat Volume $CaCO_3$ (Kg/m^3)*
0	2381,43	2381,43
5	2384,66	2419,29
10	2384,94	2395,13
15	2425,49	2382,35
20	2428,11	2355,13



Gambar 4. Nilai berat volume benda uji terhadap persentase substitusi.

Berdasarkan Tabel 3.6 dan Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa berat volume benda uji tertinggi terdapat pada substitusi fly ash 20% yaitu sebesar 2428 kg/m3, berat volume benda uji terendah terdapat pada substitusi kalsium karbonat 20% yaitu sebesar 2355 kg/m3. Pada dasarnya kalsium karbonat dan fly ash memiliki berat jenis yang lebih kecil jika dibandingkan dengan berat jenis semen hal ini membuat kalsium karbonat dan fly ash tidak berpengaruh secara signifikan terhadap berat volume beton jika dijadikan substitusi semen.

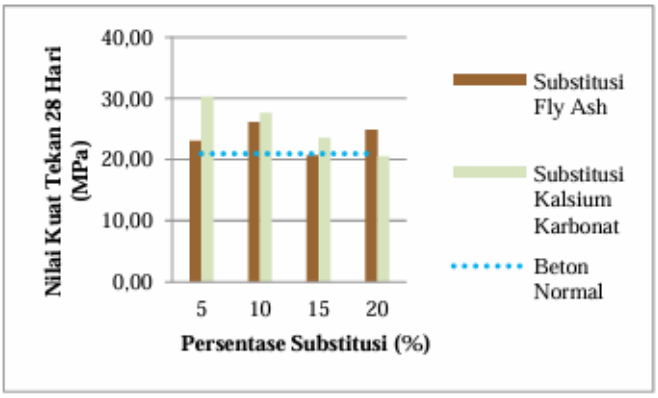
Hasil Pemeriksaan Nilai Kuat Tekan

Kuat tekan pada beton adalah ukuran kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh beton saat terkena tekanan atau beban tekan secara aksial, hal ini merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan kinerja beton dalam berbagai aplikasi konstruksi. Kuat tekan menunjukkan kemampuan beton untuk menahan beban tekan sebelum mengalami kegagalan atau retak. Pengukuran kuat tekan biasanya dilakukan dengan menguji sampel beton yang telah dicor dengan dimensi dan kondisi tertentu sesuai dengan standar uji yang berlaku, pada penelitian ini digunakan standar uji

dari (SNI 1974, 2011). Hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7 atau Gambar 3.3.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Nilai Kuat Tekan

Persentase Substitusi (%)	*Nilai kuat tekan umur 28 hari*	
	Fly Ash (MPa)	*$CaCO_3$ (MPa)*
0	20,95	20,95
5	23,06	30,29
10	26,09	27,63
15	20,64	23,55
20	24,89	20,50



Gambar 5. Nilai kuat tekan umur 28 hari terhadap persentase substitusi

Berdasarkan Tabel 3.7 dan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa seiring meningkatnya persentase substitusi kalsium karbonat mengalami penurunan nilai kuat tekan. Persentase substitusi kalsium karbonat 5% sampai 15% mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada beton normal lalu persentase 20% mendapatkan hasil yang lebih rendah daripada beton normal tetapi masih lebih tinggi daripada kuat tekan rencananya, sehingga sampai persentase 20% masih dapat digunakan untuk mengurangi pemakaian semen dengan kuat tekan rencana atau f'c 20 MPa. Pada penelitian ini kuat tekan substitusi kalsium karbonat persentase 5% sampai 15% mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada beton normalnya. Menurut penelitian (Purba, 2021) kenaikan kuat tekan beton dikarenakan peran kalsium karbonat sebagai nano filler, yang mengisi rongga antar partikel semen sehingga pori yang terbentuk lebih kecil dan dapat meningkatkan kekuatan semen.

Berdasarkan Tabel 3.7 atau Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa substitusi fly ash pada persentase 5%, 10% dan 20% mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada beton normal. Menurut (Wijaya et al., 2021) hal ini disebabkan karena senyawa SiO2 dari fly ash bereaksi saling mengikat dengan CaO pada semen membentuk senyawa C2S dan C3S, senyawa tersebut akan bereaksi dengan air membentuk CSH (Calcium Sylicate Hydrate) yang merupakan senyawa utama pembentuk kuat tekan pada semen ketika sudah mengerin

Pada persentase 15% mendapatkan hasil yang lebih rendah daripada beton normal tetapi masih lebih tinggi daripada kuat tekan rencananya hal ini diakibatkan persentase yang tinggi mengakibatkan kadar bahan pozzolanic menjadi lebih tinggi sehingga memperlambat panas hidrasi dan reaksi antara senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)2) dengan senyawa silika (SiO2) yang ada pada fly ash sehingga terbentuknya ikatan kalsium silikat hidrat atau CSH akan lebih lama (Alim et al., 2017)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilaksanakan pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Substitusi semen dengan fly ash lebih efektif meningkatkan workabilty pada persentase 10% sampai 15% sedangkan substitusi kalsium karbonat lebih efektif mempertahankan workability pada persentase 10% sampai 20%.
2. Kalsium karbonat dan fly ash tidak berpengaruh secara signifikan terhadap berat volume beton jika dijadikan substitusi semen.
3. Kuat tekan beton dengan substitusi kalsium karbonat pada persentase 5% sampai 15% mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada substitusi fly ash dan beton normal akan tetapi pada persentase 20% substitusi fly ash mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada substitusi kalsium karbonat dan beton normal.
4. Kuat tekan optimal untuk substitusi kalsium karbonat terdapat pada persentase 5% sedangkan kuat tekan optimal untuk substitusi fly ash terdapat pada persentase substitusi 10%.
5. Substitusi kalsium karbonat dan fly ash bisa digunakan untuk mengurangi pemakaian semen hingga 20% dengan kuat tekan rencana f'c 20 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

Alim, G., Sasmita, J., Fernando, M. R., & Sugiharto, H. (2017). Pengaruh Subtitusi Parsial Semen dengan Cangkang

Telur Ayam dan Fly Ash pada Karakteristik Mortar Beton. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

Surabaya, 79–86. https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/9457

ASTM C618-12a. (2012). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in

Concrete. In Annual Book of ASTM Standards (hal. 1–5). https://doi.org/10.1520/C0618

Naganathan, S., Mohamed, A. Y. O., & Mustapha, K. N. (2015). Performance of bricks made using fly ash and

bottom ashtle. Elsevier, 96, 576–580. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.068Get rights and content

Purba, R. J. (2021). Pengaruh Variasi Konsentrasi Nano Kalsium Karbonat Terhadap Shear Bond Strength Dan

Compressive Strength Semen Komposit. https://repository.uir.ac.id/13155/

SNI 03-2834. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. In Badan

Standardisasi Nasional (hal. 1–34).

SNI 1974. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. In Badan Standardisasi Nasional (hal. 20). Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id cured

Temuujin, J., Williams, R., & Van Riessen, A. (2009). Effect of mechanical activation of fly ash on the properties of geopolymer at ambient https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.121 temperature. Elsevier, 167(1–3), 82–88.

Wijaya, R. A., Wijayanti, S., & Astuti, Y. (2021). Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara sebagai Zat Mineral

Tambahan (Additive) untuk Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen. Media Komunikasi Teknik Sipil.