



Pengaruh Penggunaan *FLY ASH* sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

Mohamad Fadli Muharram¹, Eko Walujodjati²

Jurnal Konstruksi
Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@itg.ac.id

¹1611071@itg.ac.id
²eko.walujodjati@itg.ac.id

Abstrak – Beton kini menjadi salah satu komponen utama yang sering digunakan untuk pembangunan infrastruktur. Penggunaan material tidak terpakai merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan daya limbah sekaligus untuk mengurangi bahan utama material penyusun beton yang berasal dari alam. Tujuan penelitian untuk mengetahui berapa kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan *fly ash* sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus pada campuran untuk beton. Metode itu yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji eksperimen pembuatan beton. Perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 7656-2012. Jumlah banyak sampel dalam penelitian ini sebanyak 15 buah dengan benda uji yang silinder berukuran 150 mm x 300 mm dengan persentase *fly ash* 15% dan 25% sebagai substitusi semen serta limbah kaca 5% dan 15% sebagai substitusi agregat halus. Pengujian untuk kuat tekan dilakukan pada umur 14 hari. Hasil pengujian memperoleh nilai kuat tekan beton normal sebesar 10,37 MPa, dan nilai kuat tekan beton berturut-turut pada campuran 1 yaitu *fly ash* 15% dan limbah kaca 5%, campuran 2 yaitu *fly ash* 15% dan limbah kaca 15%, campuran 3 yaitu *fly ash* 25% dan limbah kaca 5%, campuran 4 yaitu *fly ash* 25% dan limbah kaca 15% adalah sebesar 10,57 MPa, 11,61 MPa, 10,28 MPa, dan 9,53 MPa. Nilai kuat tekan maksimum terjadi pada substitusi *fly ash* 15% dan limbah kaca 15% yaitu sebesar 11,61 MPa dengan kenaikan kuat tekan sebesar 11,95% terhadap beton normal.

Kata Kunci – Beton; Kuat Tekan; *Fly Ash*; Limbah Kaca; Eksperimen.

I. PENDAHULUAN

Beton ialah suatu bahan material yang seringkali kita jumpai dan digunakan sebagai salah satu bahan bangunan. Bahan material beton ini memiliki spesifik kuat terhadap tekan. Semakin berkembangnya zaman, maka dalam perkembangan teknologi pun semakin maju, dan perkembangan dalam bidang teknik sipil pun juga mengalami perkembangan semakin harinya [1]. Khususnya, dalam pembangunan konstruksi yang bahan dasarnya menggunakan beton. Seiring berjalannya waktu, maka timbulah berbagai inovasi dan gagasan untuk mengganti sebagian bahan material beton dengan bahan tambah yang memiliki sifat untuk memperkuat beton maupun menambah keawetan [2]. Adapun alternatif yang bisa digunakan untuk mengganti sebagian semen yaitu *fly ash* dan untuk mengganti sebagian agregat halus yaitu limbah kaca yang ditumbuk menjadi serbuk kaca [3].

Dilihat dari sifatnya *fly ash* bisa digunakan sebagai substitusi semen, dan limbah kaca mempunyai kandungan silika yang dapat juga digunakan sebagai substitusi bahan campuran beton [4]. Mengetahui kuat tekan beton

dengan penggunaan *fly ash* dan limbah kaca sebagai campuran beton. Mengetahui hasil analisis perbandingan *fly ash* dan limbah kaca sebagai campuran beton terhadap beton konvensional [5].

Diharapkan dapat menambah pengetahuan lebih mengenai manfaat penggunaan *fly ash* dan limbah kaca sebagai substitusi untuk semen dan agregat yang halus terhadap karakteristik beton [6]. Memberikan informasi mengenai kekuatan beton dengan menggunakan *fly ash* dan limbah kaca sebagai substitusi semen dan agregat halus. Menggunakan limbah hasil sisa dan buangan untuk campuran beton lebih ekonomis dan mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Menurut [8] beton itu terdiri agregat, semen yang hidrolis, air, dan dapat juga mengandung bahan bersifat semen yang lainnya dan atau bahan tambahan kimiawi lainnya. Beton dapat juga mengandung sejumlah rongga udara yang akan terperangkap atau dapat juga sebagai rongga udara yang sengaja untuk dimasukkan melalui tambahan dalam bahan tambah. Beton itu memiliki jenis karakteristik kuat di terhadap gaya tekan dan lemah terhadap gaya tarikan [9].

B. Fly Ash

Menurut [10] *Fly ash* merupakan residu yang halus yang di hasilkan dan pembakar atau pembubuk untuk batu bara dan di transportasikan oleh aliran udara panas. *Fly ash* memiliki sifat pozolanic dan bisa digunakan untuk substitusi bahan material beton, dan penggunaan *fly ash* juga dapat mengurangi kapur bebas yang merupakan hasil dari proses hidrasi semen dengan air. *Fly ash* juga bisa difungsikan sebagai *filler* atau bahan pengisi yang bertujuan untuk mendapatkan struktur beton dengan tingkat kepadatan yang tinggi.

1. Klasifikasi *Fly Ash*

Beberapa jenis *fly ash* menurut [10] yaitu:

- a. Kelas N – Pozolan alam mentah atau telah dikalsinasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalnya beberapa tanah diatomae (hasil lapukan), tufa dan abu vulkanik, dan berbagai bahan yang memerlukan kalsinasi untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan, misalnya lempung dan serpih.
- b. Kelas F – Abu terbang dan batu bara memenuhi untuk persyaratan yang berlaku untuk kelas F. Abu terbang kelas F punya sifat pozolanic.
- c. Kelas C – Abu terbang dan batubara untuk memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas C. Abu terbang kelas C memiliki sifat pozolanic dan sementisius

Tabel 1: Persyaratan Kimia Abu Terbang atau *Fly Ash*

Uraian	kelas		
	N	F	C
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₂ min, %	70	70	50
SO ₃ , maks, %	4	5	5
kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang pijar, maks, %	10	6	6

Sumber: SNI 2460-2014

C. Limbah Kaca

Limbah kaca merupakan sisa buangan dari kaca-kaca yang sudah tidak terpakai, baik itu botol kaca, bohlam,

dan sebagainya. Menurut [11] limbah kaca itu biasa hanya di daur ulang lagi sehingga di perlukan upaya lain untuk meningkatkan nilai guna pada limbah kaca. Karena dalam kandungan siliknya yang cukup tinggi, kaca itu dapat di gunakan juga sebagai alternatif bahan untuk pembuat beton. Kaca juga memiliki ketahanan terhadap sifat abrasi serta ketahanan juga terhadap cuaca atau serangan kimia yang baik. Kaca dimanfaatkan sebagai bahan substitusi agregat halus dengan cara menumbuk kaca sampai menjadi serbuk atau bubuk dengan menggunakan palu dan penumbuk batu, kemudian limbah kaca yang telah ditumbuk disaring menggunakan saringan agregat dan serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan substitusi yaitu serbuk kaca yang lolos saringan ukuran 4,75 mm [12].

Tabel 2: Kandungan Serbuk Kaca

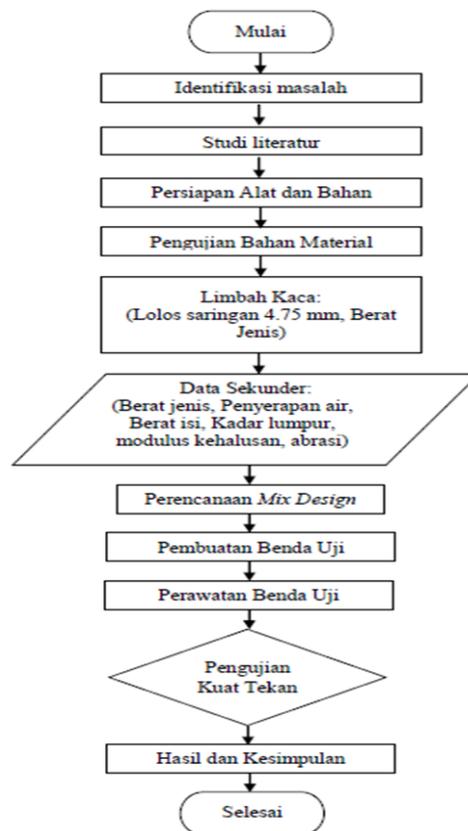
Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	61,721%
Al ₂ O ₃	3,452%
F ₂ O ₃	0,183%
CaO	2,594%

Sumber: Hanafiah, (2011).

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Proses dalam melaksanakan tahapan penelitian mulai dari tahap awal hingga akhir memerlukan bagan alir agar proses pengerjaan terstruktur dan lebih mudah, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1: Bagan Alir Penelitian

B. Alat dan Bahan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Concrete Compression Machine* kapasitas K-700 untuk uji tekan.
2. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm.
3. Kerucut Abram alat *slump test*.
4. Mesin pencampur bahan beton (*mixer concret*).
5. *Oven* untuk kadar air campuran beton.
6. Cawan.
7. Timbangan, meteran, kunci pas, kaos tangan, ember, skop, karung, bak perendam.

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus pasir Cilopang.
2. Agregat kasar batu pecah.
3. Semen Tiga Roda
4. *Fly Ash*
5. Limbah botol kaca

C. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi pada Data

Data yang digunakan ialah data alternatif yaitu data pengujian agregat kasar dan halus yang diambil dari laboratorium PUPR Kabupaten Garut, sedangkan untuk semen yaitu menggunakan jenis semen portland komposit. Sementara itu, untuk data bahan substitusi berasal dari data sekunder juga.

Tabel 3: Hasil Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus		Agregat Kasar		Keterangan
		Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Pengujian	
1	Kadar Lumpur	<5%	2,63 %	-	-	Memenuhi
2	Berat Isi					
	• Gembur	1,4-1,9 kg/l	1,302 kg/l	1,4-1,9 kg/l	1,288 kg/l	Memenuhi
	• Padat	1,4-1,9 kg/l	1,592 kg/l	1,4-1,9 kg/l	1,481 kg/l	Memenuhi
3	Berat Jenis					
	• Bj. Curah (bulk)	1,6-3,3	2,71	1,6-3,2	2,45	Memenuhi
	• Bj. SSD	1,6-3,3	2,84	1,6-3,2	2,55	Memenuhi
	• Bj. Apparent	1,6-3,3	3,10	1,6-3,2	2,71	Memenuhi
4	Absorpsi	<2	4,6 %	0,2-4 %	3,92 %	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	1,5-3,8	3,3919	-	-	Memenuhi
6	Keausan	-	-	<50%	3,60 %	Memenuhi

Sumber: Lab. PUPR Kab. Garut

Tabel 4: Hasil Pengujian Limbah Kaca

Parameter	Hasil Pengujian
Lolos Saringan (mm)	4,75
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,5

Limbah kaca yang digunakan ialah limbah botol kaca yang ditumbuk hingga mencapai ukuran butiran syarat agregat halus. Data Pengujian yang digunakan hanya berat jenis dan proses pengujian berat jenis mengacu pada (SNI 03-1970-1990).

Tabel 5: Data Pengujian *Fly Ash*

Parameter	Hasil Pengujian
Jenis <i>Fly Ash</i>	Kelas F
Berat Jenis (gr/cm ³)	1,43
SiO ₂ (% berat)	62,49
Fe ₂ O ₉ (% berat)	16,714
CaO3 (% berat)	5,691
MgO2 (% berat)	0,792
S(SO ₄)2 (% berat)	7,933

Sumber: Jurnal Reka Buana Volume 1 No. 2. (2016)

B. *Mix Design*

Rancangan menghitung campuran beton berdasarkan metode SNI 7656-2012 yang di adopsi dari ACI 211. Untuk juga hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6: Proporsi Campuran Beton

Campuran	Semen	<i>Fly Ash</i>	Agregat Halus	Limbah Kaca	Agregat Kasar	Air	Satuan
dasar	4.44	0	13.926	0	16.416	3.92	kg
1	3.78	0.667	13.224	0.638	16.366	3.88	kg
2	3.78	0.667	13.224	1.914	16.269	3.88	kg
3	3.33	1.111	12.756	0.638	16.366	3.86	kg
4	3.33	1.111	12.756	1.914	16.269	3.86	kg
Total	18.66	3.555	65.886	5.105	81.686	19.40	kg

Tabel 6 di atas merupakan proporsi campuran beton untuk per 3 sampel tabung silinder. Jumlah sampel sebanyak 15 buah.

C. Hasil Uji *Slump*

Uji ini *slump* bertujuan untuk memantau kehomogenitasan dan juga *workability* adukan pada beton yang segar dengan suatu kekentalan tertentu, data dapat di lihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 7: Nilai Uji *Slump*

Campuran	Nilai Slump (mm)	Keterangan
Dasar	100	Memenuhi
1	80	Memenuhi
2	85	Memenuhi
3	80	Memenuhi
4	85	Memenuhi

D. Hasil Pengujian Beton Segar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi beton segar. Hasil ini pengujian berat isi beton segar tiap satu sampel dengan nilai *slump* rencana 75-100 mm hasil pengujian ini harus memenuhi standar (SNI 1973-2008) yaitu beratnya diantara 1842 kg/m³ sampai 2483 kg/m³, untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 8: Berat Isi Beton Segar

No.	Campuran Dasar			
	M _m (Kg)	M _c (Kg)	V _m (m ³)	D (Kg/m ³)
1.	11,16	23,09	0,0053	2250,94
2.	11,25	23,24	0,0053	2262,26
3.	11,14	23,02	0,0053	2241,51
No.	Campuran 1			
	M _m (Kg)	M _c (Kg)	V _m (m ³)	D (Kg/m ³)
4.	11,14	23,43	0,0053	2318,87
5.	11,78	23,93	0,0053	2292,45
6.	10,44	23,44	0,0053	2452,83
No.	Campuran 2			
	M _m (Kg)	M _c (Kg)	V _m (m ³)	D (Kg/m ³)
7.	10,54	23,26	0,0053	2400
8.	11,08	22,51	0,0053	2156,60
9.	11,4	23,27	0,0053	2239,62
No.	Campuran 3			
	M _m (Kg)	M _c (Kg)	V _m (m ³)	D (Kg/m ³)
10.	10,72	23,07	0,0053	2330,18
11.	10,6	23,13	0,0053	2364,15
12.	11,26	23,64	0,0053	2335,85
No.	Campuran 4			
	M _m (Kg)	M _c (Kg)	V _m (m ³)	D (Kg/m ³)
13.	11,1	22,94	0,0053	2233,96
14.	11,18	23,27	0,0053	2281,13
15.	10,96	22,91	0,0053	2254,72
Jumlah				34415.09
Rata-rata				2294.34

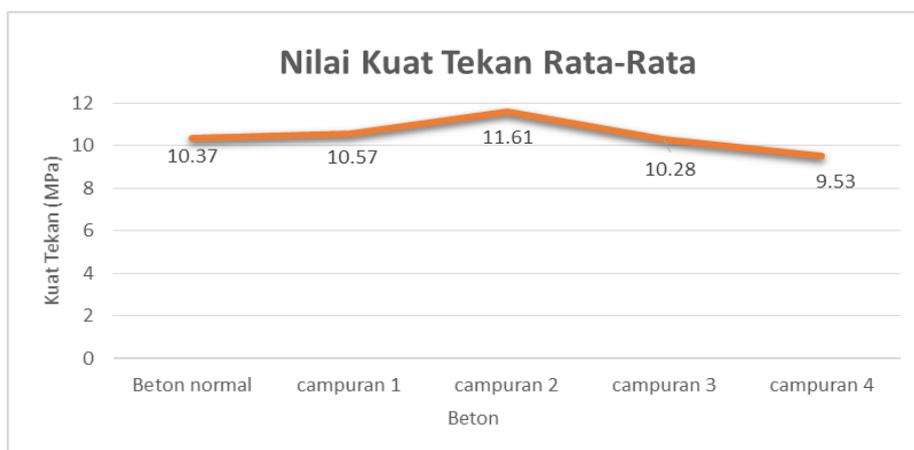
E. Hasil Uji Tekan

Nilai pada kuat tekan beton diperoleh dari pengujian untuk kuat tekan beton yang silinder yang memiliki dimensi 15 cm x 30 cm menggunakan mesin uji tekan di laboratorium STTG dengan kapasitas K-700. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 14 hari. Uji tekan kali ini tidak dilakukan proses *capping* pada beton. Adapun hasil uji tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 9: Hasil Uji Tekan Beton

Campuran	Kuat Tekan rata-rata
Dasar	10,37 MPa
1	10,57 MPa
2	11,61 MPa
3	10,28 MPa
4	9,53 MPa

Berdasarkan hasil pada pengujian uji kuat terhadap tekan beton yang telah dilaksanakan di laboratorium STT Garut, diperoleh grafik seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2: Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan dengan ruang lingkup dan batasan-batasan sebagaimana dijelaskan pada bab-bab sebelumnya dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton berturut-turut pada campuran 1 yaitu *fly ash* 15% dan limbah kaca 5%, campuran 2 yaitu *fly ash* 15% dan limbah kaca 15%, campuran 3 yaitu *fly ash* 25% dan limbah kaca 5%, campuran 4 yaitu *fly ash* 25% dan limbah kaca 15% adalah sebesar 10,57 MPa, 11,61 MPa, 10,28 MPa, dan 9,53 MPa. Peningkatan dan penurunan kuat tekan beton substitusi terhadap beton normal yaitu:
 - Peningkatan 2,6% untuk campuran 1
 - Peningkatan 11,95% untuk campuran 2
 - Penurunan 0,83% untuk campuran 3
 - Penurunan 8,1% untuk campuran 4
2. Penggunaan serbuk kaca dalam campuran beton berpengaruh pada penambahan nilai *slump* yang mempengaruhi *workability* beton. Semakin sedikitnya penggunaan *fly ash* dan semakin banyaknya penggunaan limbah kaca dapat menghasilkan kuat tekan maksimum pada beton yang terjadi pada campuran 2.

B. Saran

Berdasarkan pada hasilwpenelitian yang telah di lakukan dapat di sarankan beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

1. Data hasil uji bahan yang diperlukan pada saat penelitian campuran beton di laboratorium sebaiknya berupa data primer hasil pengujian sendiri, bukan data sekunder dari penelitian yang sudah dilakukan.
2. Pembuatan sampel-sampel uji harus dilakukan setelah mungkin sesuai dengan tata cara yang benar agar tidak terjadi hasil uji yang meragukan atau salah.
3. Sebaiknya pada saat pelaksanaan pengerjaan campuran beton dilakukan pengawasan yang ketat guna mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.
4. Sebaiknya dilakukan penelitian penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi agregat kasar dan *fly ash* sebagai substitusi semen dengan tipe *fly ash* yang berbeda dan variasi persentase yang berbeda juga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Mardiah, A. Kamaldi, and M. Olivia, "Porositas Beton Blended Abu Terbang (Fly Ash) sebagai Substitusi SEMEN di Air Gambut," *Jom FTEKNIK*, 2018.
- [2] E. Agusri and F. Efranda, "PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH DAN SERBUK KACA TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-300," *Bear. J. Penelit. dan Kaji. Tek. Sipil*, 2020, doi: 10.32502/jbearing.2831201962.
- [3] A. I. Diana and S. Fansuri, "Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik dan Variasi Fly Ash terhadap Penyerapan Paving Blok Ramah Lingkungan," *Rekayasa*, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i1.5886.
- [4] F. G. Mulya, "Kajian Kuat Geser Langsung Beton Memadat Sendiri dengan Kadar Fly Ash 50% dan 60%," *Matriks Tek. Sipil*, 2020, doi: 10.20961/mateksi.v8i3.46728.
- [5] S. Apriwelni and N. Bintang Wirawan, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi," *J. SAINTIS*, 2020, doi: 10.25299/saintis.2020.vol20(01).4846.
- [6] N. Nofrisal and S. Rantesalu, "PENGARUH ABU TERBANG (FLY ASH) PLTU SEKAYAN SEBAGAI SUBSTITUSI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA JUAT TEKAN MORTAR," *J. Borneo Saintek*, 2020, doi: 10.35334/borneo_saintek.v3i1.1406.
- [7] I. Isnanda, S. M. Saleh, and M. Isya, "PENGARUH SUBSTITUSI POLYSTYRENE (PS) DAN ABU ARANG TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN AC-WC," *J. Tek. Sipil*, 2018, doi: 10.24815/jts.v1i3.10002.
- [8] S. N. Indonesia, "Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa dengan Standar SNI 7656: 2012," *Jakarta, Badan Standarisasi Nas.*, 2012.
- [9] E. Maulani, "PEMAKAIAN TANAH DIATOMAE SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN FAS 0.30 DENGAN PERLAKUAN KALSINASI UNTUK PRODUKSI BETON NORMAL," *Teras J.*, 2016.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2460:2014 Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton," p. 16, 2014.
- [11] M. A. Punusingon, B. D. Handono, and P. Ronny, "Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton Daur Ulang Dengan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) Dan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen," *Sipil Statik*, vol. 7, no. 1, pp. 57–66, 2019.
- [12] S. Stanislaus and A. Prihatiningsih, "STUDI PERBANDINGAN PENCAMPURAN 4 JENIS LIMBAH YANG SULIT DIDAUUR ULANG TERHADAP PENINGKATAN PROPERTI TANAH," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i3.5815.