



Pengaruh Pembakaran Terhadap Kekuatan Beton Menggunakan Bahan Campur FLY ASH

Delia Mawarni¹, Eko Walujodjati²

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

¹1711059@itg.ac.id

²eko.walujodjati@itg.ac.id

Abstrak – *Fly ash* merupakan limbah dari pembakaran batubara dengan SiO₂ yang besar, yang dapat meningkatkan sifat mekanik beton. Penelitian ini menggunakan semen dengan *fly ash* dan superplasticizer tipe f. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan melakukan percobaan laboratorium langsung. Benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 27 benda uji dengan rincian 9 benda uji untuk beton normal, 9 benda uji untuk penggantian beton semen 80%+*fly ash* 20%+ superplasticizer tipe f, 9 benda uji untuk penggantian beton semen 60%+*fly ash* 0% +superplasticizer tipe f. Benda uji terbakar dengan temperatur 300°C dengan waktu± 2 jam pada usia 36 hari setelah itu diuji kuat tekannya. Perencanaan adukan beton memakai SNI 7656- 2012 dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Hasil penelitian menunjukkan beton pascabakar dengan substitusi 20% umur 36 hari mengalami kenaikan sebesar 15,1% dibandingkan dengan beton tanpa dibakar campuran substitusi 20% umur 28 hari. Beton normal pascabakar umur 36 hari mengalami penurunan sebesar 37,7% dibandingkan dengan beton normal tanpa dibakar umur 28 hari. Beton pascabakar dengan substitusi 40% umur 36 hari mengalami kenaikan sebesar 10,3% dibandingkan dengan beton tanpa dibakar substitusi 40% umur 28 hari.

Kata Kunci – Beton; *Fly Ash*; Pascabakar; Superplasticizer.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dan teknologi zaman sekarang ini banyak diteliti mengenai beton mutu tinggi untuk menanggulangi kekurangan-kekurangan yang dimiliki oleh beton biasa. Diantaranya sifat-sifat beton yang paling penting adalah kuat tekan dan indeks mutu beton.

Jika dibandingkan dengan material lain, beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik, karena beton merupakan material yang memiliki daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rambatan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Saat terbakar beton tidak dapat menghasilkan api namun dapat menyerap panas sehingga akan terjadi suhu tinggi yang berlebihan, yang akan mengakibatkan perubahan pada mikro struktur beton tersebut. Perubahan akibat kebakaran dipengaruhi oleh ketinggian suhu, lama pembakaran, jenis bahan campuran beton, dan perilaku pembebanan.

Jika kita cermati, kerugian terbesar yang terjadi pada bangunan akibat dari bencana kebakaran adalah rusaknya bangunan tersebut. Terjadinya temperatur yang cukup tinggi seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran akan berpengaruh pada elemen-elemen struktur[1]. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan menyebabkan adanya perubahan kimiawi secara kompleks yang menyebabkan beton menjadi getas.

Semakin besar faktor air semen yang digunakan semakin besar porositas, sebaliknya semakin kecil faktor air semen maka semakin kecil porositas. Untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan yang tinggi maka harus digunakan faktor air semen yang rendah, namun jika faktor air semen terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit sehingga pemadatan tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton keropos, hal ini berakibat pada menurunnya kuat tekan beton. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan superplasticizer tipe f yang sifatnya dapat mengurangi air.

Porositas juga dapat mengakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar sehingga kerapatan tidak dapat maksimal. Untuk mengurangi porositas semen dapat digunakan aditif yang bersifat pozzolan dan memiliki partikel yang halus salah satunya adalah *fly ash*, yang merupakan limbah pembakaran batubara yang mengandung SiO_2 yang tinggi yang dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Dalam penelitian ini beton dibuat dengan mensubstitusi sebagian semen dengan *fly ash* dan penambahan superplasticizer tipe f. Melalui penelitian ini diharapkan dengan menggantikan sebagian semen oleh *fly ash* dapat mengurangi penurunan kuat tekan beton pada pascabakar pada suhu pembakaran berbeda.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mempresentasikan kekuatan beton dengan bahan campuran *fly ash* di tinjau dari pengaruh pembakaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Beton

Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air yang dicampur menjadi massa padat ataupun tanpa tambahan[2]. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik harus memperhatikan beberapa hal yaitu pemilihan bahan pembentuk beton, proses pemadatan beton segar dan proses perawatan beton.

Beton adalah bahan yang sangat penting dan banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Bangunan dari beton diantaranya gedung, jalan raya, jembatan, jalan kereta api, bendungan, pipa saluran, fondasi, dan lain-lain. Beton banyak dipilih karena memiliki kekuatan yang kokoh, permukaan yang rata, serta bertekstur halus. Dengan kekuatan yang sama, biaya pembuatan konstruksi beton bahkan jauh lebih murah dari pada konstruksi besi dan baja.

Beton yaitu sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat, air, dan juga semen. Mengandung bahan komposit yang cukup rumit, beton terdiri dari agregat berfungsi sebagai bahan pengisi (filler) dan pasta semen berfungsi sebagai bahan pengikat (binder). Beton sebagai salah satu material yang banyak digunakan pada struktur bangunan sipil mempunyai perilaku yang spesifik yaitu memiliki kuat terhadap tekan.

B. Definisi Fly Ash

Fly ash atau abu terbang ini terbentuk dari bahan mineral yang berubah akibat dari suatu proses pembakaran batubara. *Fly ash* bisa digunakan sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Penggunaan *fly ash* sebesar 15% menghasilkan beton dengan kekuatan terendah[3].

C. Beton Pascabakar

Terbentuknya pergantian temperatur yang lumayan besar, semacam yang terjalin pada kejadian kebakaran, hendak mempengaruhi dengan elemen struktur pada beton. Selama proses ini, akan terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan menyebabkan perubahan fase fisik dan kimia area tersebut. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton. Berdasarkan uraian di atas, beberapa penelitian telah mencoba untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan beton yang diperoleh setelah kebakaran.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [4], tentang studi eksperimen kekuatan beton yang mengalami kebakaran didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 2 jam pada suhu 300°C sebesar 1,082 MPa (4,74%) dan terjadi penurunan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 5 jam pada suhu 500°C sebesar 3,563 MPa (15,60%).

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh [5], tentang pemulihan kuat tarik belah beton dengan variasi durasi perawatan pasca bakar didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada suhu pembakaran 800°C selama 200 menit, beton mengalami penurunan kekuatan tarik belah beton sebesar 2,296 MPa (68,393%) terhadap kondisi semula. Akan tetapi pada saat beton pasca bakar direndam dengan variasi durasi perendaman 7, 14 dan 28 hari terlihat bahwa selama perendaman 14 hari, mampu memberikan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar secara optimum sebesar 67,908% terhadap beton standar atau hanya terjadi penurunan sebesar 32,092%. Perendaman yang semakin lama cenderung mengakibatkan penurunan tingkat pemulihan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pasca bakar. Sedangkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh [6], pada suhu 400°C pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu. Hal ini menjadi menarik untuk melakukan penelitian kuat tekan beton pasca bakar pada suhu 400°C untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang didapat setelah melakukan perlakuan standar, perlakuan beton pasca bakar dengan dan tanpa perendaman terhadap beberapa variasi mutu beton.

Penelitian yang dilakukan oleh [7] menunjukkan bahwa nilai kuat tekan pada kedua benda uji untuk suhu yang sama mempunyai perbedaan tidak cukup mencolok, dan mempunyai perbandingan hampir sama atau sebanding. Karena pada saat beton dipanaskan didalam oven kemungkinan reaksi pembakaran antara semen dan air saja. Penelitian yang dilakukan oleh [8] hasil pengujian beton pasca bakar didapat dari kuat tekan umur 48 hari, pada pengujian kuat tekan terjadi penurunan kuat tekan pada suhu 5750° C dengan mutu f_c' 20 Mpa sebesar 33,26%.

D. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satu satuan luas permukaan beton. Secara teoritis, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya yaitu;

- a. semen,
- b. volume rongga,
- c. agregat,
- d. interface (hubungan antar muka) antara semen dengan agregat.

Dalam pelaksanaannya di lapangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton. Nilai kuat tekan beton diketahui dengan melakukan pengujian pasca umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus:

$$F_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana :

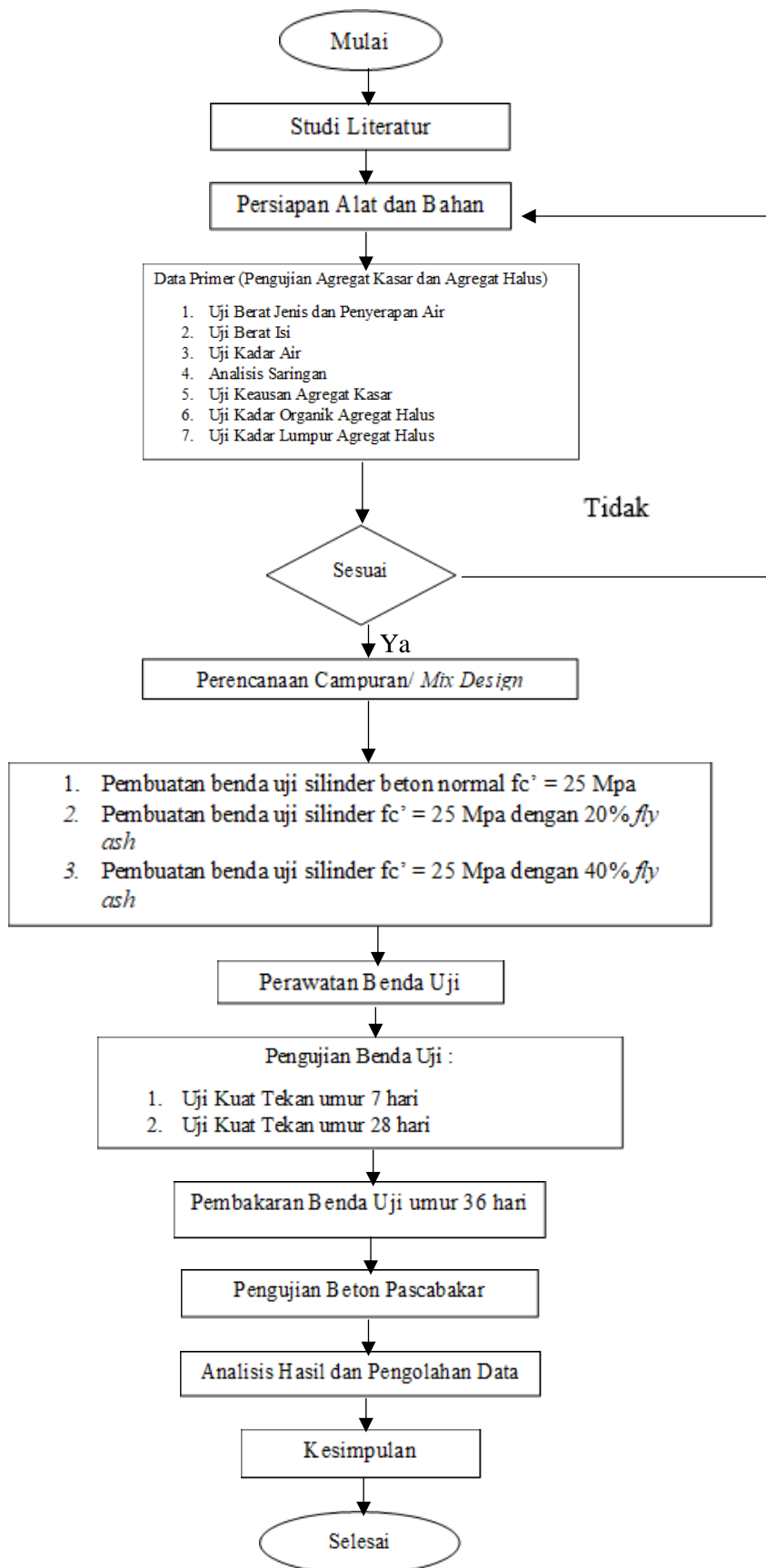
P = Gaya maksimum dari mesin (N).

A = Luas penampang sampel (mm²)

F_c' = kuat tekan beton (N/mm²)

II. METODE PENELITIAN

A. Diagram alir



B. Rancangan Penelitian

Dilakukan pengujian bahan terhadap agregat halus berupa pemeriksaan berat jenis, berat volume, kadar zat organik, kadar lumpur, kadar air dan analisa saringan. Untuk agregat kasar dilakukan pemeriksaan berat jenis, berat volume, analisa saringan, kadar air dan keausan menggunakan mesin *Loss Angeles*. Kemudian selanjutnya dilaksanakan pengujian kuat tekan dan beton pascabakar dengan variasi pemakaian *fly ash* dari limbah industri PLTU Paiton sebagai pengganti semen masing-masing persentasenya yaitu 0%, 20%, dan 40% dari berat semen. Pada penelitian ini dibuat 27 sampel dengan bentuk silinder berdimensi 300 milimeter serta diameternya 150 milimeter. Tipe pengujian yang dicoba ialah pengujian kuat tekan dengan umur perawatan 7 hari, 28 hari, serta 36 hari (beton pascabakar). Variasi kadar abu terbang (*fly ash*) yaitu 0%, 20% dan 40%. Masing-masing variasi tersebut kemudian dibuat berjumlah 3 sampel. Berikut adalah tabel yang menjelaskan tentang jumlah benda uji untuk setiap perlakuan.

Tabel 1: Jumlah Benda Uji

Substitusi <i>Fly Ash</i>	Dimensi (cm)	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji (buah)	Keterangan
0%			3	
20%	d; 15 t; 30	Uji Tekan	3	Pengujian Umur 7 Hari
40%			3	
0%	d; 15		3	
20%	t; 30	Uji Tekan	3	Pengujian Umur 27 Hari
40%			3	
0%	d; 15		3	Pengujian Umur 36 Hari (beton pasca bakar)
20%	t; 30	Uji Tekan	3	
40%			3	
Jumlah Total Benda Uji			27	

a. Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai yaitu diantaranya; abu terbang (*fly ash*) dari PLTU PT. IPMOMI Paiton, semen dan agregat dari Cilopang dengan dimensi nominal maksimum yaitu 25,4 mm. Agregat halus berbentuk pasir serta agregat agresif berbentuk batu pecah.

b. Alat Penelitian

Alat pokok yang dipakai yaitu seperti: alat uji bahan, alat pengecoran, alat uji slump dan alat uji tekan [9].

c. Pengujian Bahan

1. Analisis Saringan Agregat

Penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan disebut sebagai pengujian analisis saringan yang kemudian angka persentasenya digambarkan dalam sebuah grafik pembagian butir [10].

2. Berat Jenis Agregat

Berat jenis (*Specific Gravity*) merupakan suatu variabel dalam campuran beton yang sangat penting untuk melakukan perancangannya. Variabel ini akan menentukan keperluannya berdasarkan besaran volume dari suatu agregat [11].

3. Berat Isi Agregat

Berat isi agregat disebut juga berat volume agregat yaitu berat agregat dalam satuan isi. Variabel berat volume agregat akan menentukan seberapa besar komposisi agregat dalam campuran beton [12].

4. Kadar Zat Organik Agregat Halus

Pengujian ini bermaksud untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir dengan tujuan mengetahui batasan bahan organik di dalam agregat halus [13].

5. Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini buat menganalisis serta mengenali kandungan lumpur yang tercantum pada agregat halus dengan metode pengujian di laboratorium [14].

6. Keausan Agregat Kasar

Agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan dalam campuran beton harus tahan terhadap keausan akibat gaya gesekan dan disyaratkan kehilangan bagian akibat gesekan harus kurang dari 50% dari berat awalnya. Untuk mengetahui besaran daya tahan agregat ini bisa dilakukan sebuah pengujian dengan menggunakan mesin Los Angeles [15].

7. Kadar Air Agregat

angka persentase dari kandungan air yang dikandung oleh agregat [16].

d. Pembuatan Benda Uji

Untuk memperoleh kekuatan beton yang seragam dan sesuai dengan perencanaan, diperlukan adanya perancangan campuran adukan beton agar diketahui proporsi yang tepat untuk melaksanakan pengecoran [9].

e. Perawatan Benda Uji

Setelah semua benda uji dibuat, maka tahap selanjutnya yaitu perawatan benda uji. Perawatan ini sangatlah penting dilakukan agar sampel beton tetap baik pada saat pengujian akan dilakukan. Sampel harus dirawat dalam kondisi basah dengan suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ dimulai saat beton dicetak sampai dilakukannya pengujian mulai dari waktu pencetakan sampai pada saat pengujian [9].

f. Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilaksanakan pada riset ini ialah pengujian tekan pada sebagian barang uji. Pengujian ini merupakan prosedur paling utama, yaitu untuk mengetahui berapa besar beton dapat menerima beban aksial atau tekan. [17].

g. Cara Pembakaran

Pembakaran benda uji dilakukan dengan cara membakar benda uji didalam drum pada suhu ruangan yang telah berisi kayu bakar, temperatur yang ditargetkan merupakan 300°C . Sehingga buat menggapai temperatur tersebut diperlukan waktu sepanjang satu jam setelah itu temperatur 300°C dipertahankan sepanjang dua jam sehingga total waktu pembakaran sepanjang tiga jam. Pembakaran dicoba pada tiga buah drum sekali bakar. Sehabis proses pembakaran dihentikan, didiamkan sepanjang ± 30 menit serta barang uji setelah itu dikeluarkan dari dalam drum. Barang uji tersebut dibiarkan sepanjang satu jam didalam suhu ruangan kemudian beton pasca bakar di uji kuat tekannya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Bahan

Dalam riset ini memakai tipe semen jenis 1 dengan nilai berat tipe ialah 2, 396 kilogram/ m³ diambil dari hasil pengujian tadinya yang dilaksanakan di Laboratorium Metode Sipil Universitas Bina Darma dikarenakan terdapat merk semen yang sama yaitu semen dynamix/holcim yang juga dipakai dalam penelitian tersebut.

Sedangkan untuk data pengujian berat jenis *fly ash* menggunakan data hasil pengujian yang dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang yaitu bernilai 1,43 dikarenakan abu terbang yang dipakai bersumber dari tempat yang sama yaitu dari PLTU PT. IPMOMI Paiton.

Berikut adalah hasil pengujian bahan yang diteliti di laboratorium teknik sipil Institut Teknologi Garut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2: Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1.	Kadar Air	8,70%
2.	Berat Isi	2,65 Kg/Lt
Berat Jenis		
3.	<input type="checkbox"/> Bj. Curah (bulk)	2,94
	<input type="checkbox"/> Bj. SSD	2,63
	<input type="checkbox"/> Bj. Apparent	2,47
4.	Absorpsi	6,40%
5.	Modulus Kehalusan	3,744

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat halus tersebut, menunjukkan bahwa bahan agregat halus dari pasir cilopang memenuhi untuk dijadikan bahan campuran beton.

Tabel 3: Karakteristik Agregat Kasar

	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kadar Air	0,84%
2	Berat Isi	1,56 Kg/Lt
Berat Jenis		
3	<input type="checkbox"/> Bj. Curah (bulk)	2,07
	<input type="checkbox"/> Bj. SSD	1,99
	<input type="checkbox"/> Bj. Apparent	1,96
4	Absorpsi	1,97%
5	Modulus Kehalusan	8,423
6	Keausan	20%

Pada beberapa pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa karakteristik agregat kasar dari batu pecah Cilopang memenuhi untuk dijadikan bahan campuran beton.

1. *Desain Mix*

Rancangan campuran beton dihitung dengan metode yang di adopsi dari ACI 211 [18]. Diketahui data bahan untuk campuran beton pada usia 7 serta 28 hari dengandengan rencana kekuatan beton $f'c$ 25 MPa dengan nilai slump diambil 100 ± 20 mm. Agregat kasar memiliki ukuran nominal maksimum 25,4 mm dengan berat kering oven yaitu 1014 kg/m^3 pada kondisi padat. Semen yang digunakan memiliki berat jenis $2,396 \text{ kg/cm}^3$ dengan

tidak ada tambahan udara. Maka komposisi material untuk 1 m³ beton dan 27 sampel beton silinder ditunjukkan semacam pada tabel 4 berikut.

Tabel 4: Komposisi Campuran Beton

Material	6 sampel			27 sampel
	0%	20%	40%	
Air	6,25	6,25	6,25	28,13
Superplasticizer (ml)	82	82	82	367
Semen	10,89	8,71	6,53	117,56
Fly Ash	0,00	2,18	4,36	29,60
Agregat halus	28,76	28,76	28,76	129,32
Agregat Kasar	32,54	32,54	32,54	146,42

Tabel komposisi campuran tersebut menunjukkan kebutuhan bahan untuk 27 sampel beton dibutuhkan air sebanyak 28,13 kg, kadar semen 117,56 kg, agregat kasar 146,42 kg, agregat halus sebanyak 129,32 kg, dan fly ash sebanyak 29,60 kg, superplasticizer 367 ml. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan tiga kali pencampuran bahan penyusun beton, untuk beton normal pencampuran air yang digunakan sebanyak 6,25 kg, semen 10,89 kg, agregat kasar 32,54 kg, dan kebutuhan agregat halus 28,76 kg, superplasticizer 82 ml. Pada campuran substitusi fly ash 20% menggunakan air sebanyak 6,25 kg, semen 10,89 kg, agregat kasar 32,54kg, agregat halus 28,76 kg, fly ash 2.18 kg, superplasticizer 82 ml. Pada campuran substitusi fly ash 40% menggunakan air sebanyak 6,25 kg, semen 6,53 kg, agregat kasar 32,54 kg, agregat halus 28,76 kg, fly ash 4,36 kg, superplasticizer 82 ml.

2. Hasil Uji Slump Beton (*Slump Test*)

Uji slump [19] bertujuan untuk mengawasi kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) juga sifat homogeny pada adukan beton segar dengan kekentalan tertentu. Hasil pengujian *slump* pada percobaan pencampuran pertama, nilai *slump* menunjukkan nilai yaitu 110 mm yang masih memenuhi dengan rencana awal dalam *mix design* (100±20). Nilai slump test dari beberapa campuran dapat diamati pada Tabel

Tabel 5: Nilai *Slump Test*

Campuran	Nilai Slump (mm)	Keterangan
1	110	Memenuhi
2	110	Memenuhi
3	120	Memenuhi

Tabel tersebut menunjukkan nilai slump yang sama terjadi pada campuran pertama, kedua dengan nilai yaitu 110 mm, namun pada pencampuran ketiga terdapat perbedaan pada nilai slump yaitu 120 mm. Pada pencampuran ke empat sampai ke enam tidak dilakukan pengujian slump kembali karena dianggap memiliki nilai yang sama.

3. Hasil Pengujian Beton Segar

Hasil pengujian berat isi beton segar tiap satu sampel dengan nilai slump 75 sampai dengan 100 mm menunjukkan berat isi rata-rata yaitu 2338,89 kg/m³, hasil pengujian ini memenuhi sesuai dengan yaitu diantara 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³, serta sesuai dengan berat isi beton yang telah direncanakan yaitu mendekati nilai 2380 Kg/m³. Berikut data hasil berat isi beton segar dapat ditinjau pada tabel dibawah ini.

Tabel 6: Berat Isi Beton Segar

	M_c (Kg)	M_m (Kg)	V_m (m^3)	D (Kg/ m^3)
C campuran 1				
1	23.1	10.7	0.0053	2339.622642
2	23.4	11.12	0.0053	2316.981132
3	23.46	11.02	0.0053	2347.169811
4	23.74	11.24	0.0053	2358.490566
5	23.54	11.08	0.0053	2350.943396
6	24.16	11.76	0.0053	2339.622642
7	23.2	11.06	0.0053	2290.566038
8	23.26	10.98	0.0053	2316.981132
9	24.2	11.74	0.0053	2350.943396
C campuran 2				
10	23.52	11.02	0.0053	2358.490566
11	23.38	11.06	0.0053	2324.528302
12	23.64	11.42	0.0053	2305.660377
13	23.84	11.32	0.0053	2362.264151
14	24.24	11.74	0.0053	2358.490566
15	24.08	11.52	0.0053	2369.811321
16	23.68	11.1	0.0053	2373.584906
17	23.42	11.02	0.0053	2339.622642
18	24.86	12.5	0.0053	2332.075472
Campuran 3				
19	23.5	11.1	0.0053	2339.622642
20	23.16	10.66	0.0053	2358.490566
21	23.36	11.02	0.0053	2328.301887
22	23.36	10.98	0.0053	2335.849057
23	23.68	11.2	0.0053	2354.716981
24	25.1	12.6	0.0053	2358.490566
25	23.74	11.24	0.0053	2358.490566
26	23.82	11.42	0.0053	2339.622642
27	23.58	11.12	0.0053	2350.943396
Jumlah	640.02	304.74	0.0053	63260.37736
Rata-Rata	23.70444444	11.28666667		2342.976939

a. Kuat Tekan Beton Normal

Pada usia perawatan beton 7 serta 28 hari, direncanakan keahlian menahan tekannya di laboratorium(f_c') merupakan 25 MPa. Bersumber pada hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata kokoh tekan beton kombinasi 1 pada usia 7 serta 28 hari kurang dari kualitas beton rencana. Tidak tercapainya kekuatan beton yang ditargetkan dimungkinkan sebab ada kesalahan dalam penerapan pembuatan ilustrasi. Berikut merupakan tabel yang menampilkan hasil dari pengujian kuat tekan beton.

Tabel 7: Hasil Uji Kuat Tekan Campuran 1 (Beton Normal)

Umur Perawatan (Hari)	Massa Sampel (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm^2)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
7	12.22	190	10.75177546	9.997264899
	12.26	170	9.62000962	
	12.38	170	9.62000962	
28	12.24	325	18.39119486	16.31629083
	12.14	260	14.71295589	
	12.12	280	15.84472173	

Umur Perawatan (Hari)	Massa Sampel (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
36	11.84	210	11.8835413	12.543738
	11.46	230	13.01530713	
	11.66	225	12.73236567	

Tabel tersebut menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata beton normal yaitu untuk umur 7 hari 9,99 Mpa, untuk umur 28 hari 16,31 Mpa dan untuk beton pascabakar umur 36 hari 12,54 Mpa. Pola kerusakan betonnya tidak menentu dikarenakan pada saat pengujian tidak menggunakan keping sulfur karena ketersediaan sulfur di laboratorium habis.

b. Kuat Tekan Beton Substitusi *Fly ash* 20% + SP

Campuran 1 dimana substitusi *fly ash* 20% + SP menunjukkan kuat tekan yang hampir sama seperti kuat tekan beton normal, dimana kuat tekannya tidak mencapai yang ditargetkan yakni $f_c' = 25$ MPa. Lebih jelasnya bisa diamati pada tabel berikut ini.

Tabel 8: Hasil Uji Kuat Tekan Campuran 2 (*Fly Ash* 20%+SP)

Umur Perawatan (Hari)	Massa Sampel (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
7	12.44	160	9.054126701	8.959812881
	12.26	155	8.771185242	
	12.36	160	9.054126701	
28	12.16	100	5.658829188	6.413339747
	12.36	120	6.790595026	
	12.38	120	6.790595026	
36	10.98	140	7.922360864	7.92236086
	11.44	120	6.790595026	
	11.8	160	9.054126701	

Tabel tersebut menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata beton normal yaitu untuk umur 7 hari 8,95 Mpa, untuk umur 28 hari 6,41 Mpa dan untuk beton pascabakar umur 36 hari 7,92 Mpa. Pola kerusakan betonnya tidak menentu dikarenakan pada saat pengujian tidak menggunakan keping sulfur karena ketersediaan sulfur di laboratorium habis.

c. Kuat Tekan Beton Substitusi *Fly ash* 40% + SP

Campuran 2 dimana substitusi *fly ash* 40% + SP menunjukkan kuat tekan yang tidak jauh berbeda dari kuat tekan beton sebelumnya, dimana kuat tekannya tidak mencapai yang ditargetkan yakni $f_c' = 25$ MPa. Lebih jelasnya bisa diamati pada tabel di bawah.

Tabel 9: Hasil Uji Kuat Tekan Campuran 3 (*Fly Ash* 40%+SP)

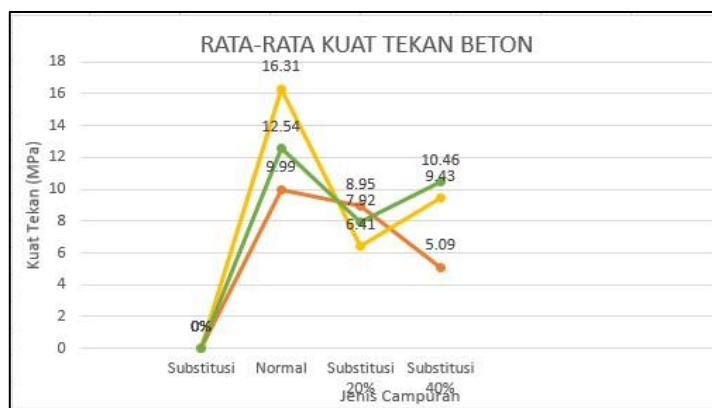
Umur Perawatan (Hari)	Massa Sampel (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
7	12.44	160	9.054126701	8.959812881
	12.26	155	8.771185242	
	12.36	160	9.054126701	
28	12.16	100	5.658829188	6.413339747
	12.36	120	6.790595026	
	12.38	120	6.790595026	

Umur Perawatan (Hari)	Massa Sampel (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
36	10.98	140	7.922360864	7.92236086
	11.44	120	6.790595026	
	11.8	160	9.054126701	

Tabel tersebut menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata beton normal yaitu untuk umur 7 hari 9,99 Mpa, untuk umur 28 hari 16,31 Mpa dan untuk beton pascabakar umur 36 hari 12,54 Mpa. Pola kerusakan betonnya tidak menentu dikarenakan pada saat pengujian tidak menggunakan keping sulfur karena ketersediaan sulfur di laboratorium habis.

d. Perbandingan Hasil Analisa Setiap Campuran

Berdasarkan hasil uji tekan pada beton yang sudah dicoba di Laboratorium Metode Sipil Institut Teknologi Garut, diperoleh grafik perbandingan yang menampilkan nilai kokoh tekan beton wajar dengan nilai kokoh tekan beton pasca bakar substitusi fly ash dapa dilihat pada pada foto 1.



Gambar 1: Nilai Rata-Rata Kuat Tekan Beton

Berdasarkan grafik tersebut kuat tekan beton substitusi 40% umur 7 hari menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton substitusi 40% umur 28 hari, yaitu penurunannya sebesar 43,4%, sedangkan untuk beton pascabakar substitusi 40% menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton substitusi 40% umur 28 hari yaitu kenaikannya sebesar 10,3%. Pada beton substitusi 20% umur 28 hari menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton substitusi 20% umur 7 hari yaitu sebesar 25,4% sedangkan untuk beton pascabakar substitusi 20% mengalami kenaikan dari beton substitusi 20% umur 28 hari sebesar 15,1%. Pada beton normal umur 28 hari menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal pascabakar yaitu kenaikannya sebesar 37,7% dan kenaikan juga terjadi pada beton normal pascabakar terhadap beton normal umur 7 hari yaitu kenaikannya sebesar 25,5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Bersumber pada hasil penelitian yang telah dilakukan bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beton dengan substitusi 20% pada suhu 300°C (beton pascabakar) mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton substitusi 20% umur 28 hari sebesar 15,1%. Beton dengan substitusi 40% pada suhu 300°C (beton pascabakar) mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton substitusi 40% umur 28 hari sebesar 10,3%.

2. Beton normal pada suhu 300°C (beton pascabakar) mengalami penurunan dibandingkan dengan beton normal umur 28 hari sebesar 37,7%.
3. Secara keseluruhan beton pascabakar dengan substitusi *fly ash* mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton substitusi *fly ash* tanpa dibakar.

Hingga dapat disimpulkan bahwa beton pascabakar dengan substitusi *fly ash* mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton substitusi *fly ash* tanpa dibakar. Namun jika dilihat dari perencanaan nilai kuat tekan ini tidak memenuhi. Adapun penggunaan beton pascabakar bisa digunakan untuk keperluan dengan mutu kurang dari $f_c' 10$ Mpa (Beton Ringan).

B. Saran

Dalam hal penelitian campuran beton yang data kuat tekannya harus diperoleh dari pengujian sampel benda uji, pembuatan benda uji harus dilakukan setelah mungkin sesuai dengan tata cara yang benar agar tidak terjadi hasil uji yang salah atau keliru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eva Lianasari, "Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Sifat Mekanik Beton Fly Ash Dengan Penambahan Water Reducer," <http://www.researchgate.net>, 2019.
- [2] Mira Setiawati, "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton," jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek, 2018.
- [3] Setiawati M, "Pemanfaatan Fly Ash Pada Kuat Tekan Beton K300," <http://juornal.ubb.ac.id>, 2017.
- [4] W. Daga, "Studi Eksperimen Kekuatan Beton yang Mengalami Kebakaran," *Progr. Stud. Tek. Sipil Fak. Sains dan Tek. Univ. Nusa Cendana*, 2002.
- [5] et al Sutapa, "Porositas Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Agregat Kasar Batu Pecah Pasca bakar," *J. Ilm. Tek. Sipil Vol 15 No 1 Univ. Udayana*, 2011.
- [6] p & A. Nugraha, "Teknologi Beton," *Penerbit Andi*, 2007.
- [7] Gnemon isvandiarto, "Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Menggunakan Kleled (Limbah Pengecoran Logam) Dari Ceper Klaten Sebagai Agregat Kasar," <http://eprints.ums.ac.id>, 2017.
- [8] "Pengaruh Mutu Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton Pasca Bakar," jurnal.unismabekasi.ac.id, vol. F Freedric, 2016.
- [9] SNI 2493-2011, "Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011.
- [10] SNI 03-1968, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar," *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1-5, 1990.
- [11] SNI 03-1969-1990, *Berat Jenis dan Penyerapan Air*. 1990.
- [12] SNI 1973-2008, *Pengujian Berat Isi Agregat*. 2008.
- [13] S. 03-2816-1992, *Pengujian Kadar Zat Organik*. 1992.
- [14] SNI S-04-1989-F, *Pengujian Kadar Lumpur*. 1989.
- [15] B. S. Nasional, "Sni 2417-2008," *Cara uji keausan Agreg. dengan mesin abrasi Los Angeles*, pp. 1-9, 2008.
- [16] Badan Standarisasi Nasional, T. Cara, P. C. Agregat, SNI 7974, SNI 03-1971-1990, and SNI 1970, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat. SNI 03-1971-1990," *Badan Standarisasi Nas. Jakarta*, vol. 27, no. 5, p. 6889, 1990.
- [17] SNI1974-2011, "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," *Badan Stand. Nas. Indones.*, p. 20, 2011.
- [18] SNI 7659-2012, *Desain Mix*. 2012.
- [19] SNI 1972-2008, "Cara Uji Slump Beton," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 5, 2008.