

## **Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Dan Batu Gamping Sebagai Agregat Pada Beton**

**Windi Deslioni<sup>\*1</sup>, Herman Parung<sup>\*2</sup>, Suryanti Rapang Tonapa<sup>\*3</sup>**

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [deslionowindy@gmail.com](mailto:deslionowindy@gmail.com)

<sup>\*2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [parungherman@gmail.com](mailto:parungherman@gmail.com)

<sup>\*3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar  
Email [suryantirt19@gmail.com](mailto:suryantirt19@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Fly Ash* adalah limbah hasil pembakaran batubara dan salah satu mineral campuran pozzolan yang terdapat di Indonesia. Inovasi teknologi beton yang ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan semen dan batu kali, yaitu memanfaatkan *Fly ash* sebagai substitusi semen dan batu gamping sebagai agregat untuk campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik beton dan persentase optimum pemakaian *Fly ash* pada campuran beton dengan batu gamping sebagai agregat kasar. Persentase *Fly ash* yang digunakan bervariasi, yaitu 0 %, 10 %, 15 %, dan 20 %. Uji kuat tekan dilaksanakan waktu beton berumur 7 dan 21 dan 28 hari dengan kuat rencana 25 MPa. Pada uji kuat lentur dan tarik belah dilakukan pada waktu beton 28 hari. Penelitian ini menggunakan silinder berukuran 150 x 300 mm sebanyak 48 buah, balok berukuran 150 x 150 x 600 mm sebanyak 12 buah, dilaksanakan pada Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Hasil observasi menunjukkan bahwa adanya pengaruh penggunaan *Fly ash* sebagai substitusi semen dengan batu gamping sebagai agregat untuk beton, menghasilkan beton dengan kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton, yang maksimal berturut-turut adalah 27,56 MPa, 2,50 MPa, dan 4,68 MPa terhadap beton normal dengan persentase penggunaan *Fly ash* optimum 15%.

**Kata kunci:** *Fly Ash*, Batu Gamping, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Lentur

### **ABSTRACT**

*Fly Ash* is a waste combustion system and one of the pozzolanic mixed minerals found in Indonesia. An environmentally friendly concrete technology innovation to reduce the use of cement and river stone, namely utilizing *Fly ash* as a substitute for cement and limestone as an aggregate for concrete mixtures. This study aims to see the mechanical properties of concrete and the optimum proportion of *Fly ash* in the concrete mixture with limestone as coarse aggregate. The percentage of *Fly ash* used varies, namely 0%, 10%, 15%, and 20%. Concrete compressive strength testing is carried out when the concrete is 7 days, 21 days, and 28 days old with a compressive strength plan of 25 MPa. For the flexural strength and split tensile strength test, it is carried out when the concrete is 28 days old. The research used 48 cylinders 150 x 300 mm, 12 beams measuring 150 x 150 x 600 mm, carried out at the Laboratory of Civil Engineering Structures, Paulus Christian University of Indonesia, Makassar. The observation results show that the influence of *Fly ash* as a substitute for cement with limestone aggregate for concrete, produces concrete with compressive strength, flexural strength, and tensile strength, the maximum is 27.56 MPa, 2.50 MPa, respectively. and 4.68 MPa for normal concrete with the optimum use proportion of *Fly ash* 15%.

**Keywords:** *Fly Ash*, Limestone, Compressive Strength, Tensile Strength, Flexural Strength

### **PENDAHULUAN**

Beton adalah suatu bahan bangunan yang terdiri dari semen, air, kerikil, ada atau tanpa material tambahan bila diperlukan. Beton banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena mempunyai banyak keunggulan seperti harga yang sangat murah, kuat tekan yang tinggi dan biaya perawatan yang rendah. Agregat dalam

beton berguna sebagai pengisi. Komposisi agregat halus dan kasar pada beton berkisar 70-80% dari total material campuran beton. Hal ini sangat penting karena agregat berpengaruh pada mutu beton. Keterbatasan kehalusan butiran semen menjadi kendala utama dalam menghasilkan mutu beton. Sebab itu, berbagai penelitian dilakukan untuk mencari bagaimana cara penggunaan semen sebagai campuran

pembuatan beton. Pada pembakaran batubara PLTU terdapat limbah padat yaitu *fly ash* yaitu partikel abu yang terbawa oleh gas buangan yang berwarna abu-abu kehitaman.

Menurut SNI.03.2847.2013, beton adalah campuran semen Portland dan semen hidraolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. [1] Ukuran yang mempengaruhi mutu suatu beton yaitu jumlah semen yang digunakan, serta kekuatan agregat yang digunakan. Bentuk agregat bermacam-macam ada yang bulat, ada yang datar, hal inilah yang akan memengaruhi workability campuran beton saat pengadukan.

### Material Penyusun Beton

#### Semen Portland (PCC)

Salah satu material penyusun beton adalah semen Portland dari hasil penggilingan terak Portland dan plester semen yang banyak mengandung bahan anorganik seperti terak tanur, senyawa silikat, pozolan, batu gampig. Total bahan anorganik yang ada ialah 6-35% dari masa komposit semen Portland.

#### Agregat halus

Agregat halus menurut SNI 03.2847.2013 yaitu agregat yang memiliki diameter butir paling besar yaitu 5,0 mm. Agregat halus dapat berupa pasir yang berguna sebagai pengisi. Agregat halus yang baik ialah mempunyai kandungan lumpur yang sedikit atau tidak boleh lebih dari 5% berat kering.

Tabel 1. Syarat susunan agregat halus

Standar Saringan (cm)	Jumlah yang Lolos (%)			
	Area 1 (kasar)	Area 2 (Agak Kasar)	Area 3 (Agak Halus)	Area 4 (Halus)
0,96	100	100	100	100
0,48	90-100	90-100	90-100	95-100
0,24	60-95	75-100	85-100	95-100
0,12	30-70	55-100	75-100	90-100
0,06	15-34	35-59	60-79	80-100
0,03	5-20	8-30	12-40	5-50
0,01	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 2. Detail spesifik agregat halus

Karakteristik Agregat halus	Interval Batas	Panduan
Kadar lumpur, %	0,2-6,0	SNI 03.4142.1996

Zat organik,	<No.3	ASTM-C40
Takaran air, %	3-5	SNI 03.1971.I990
Jumlah volume padat, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03.4840.I998
Jumlah volume gembur, kg/ltr	0,20-2,00	SNI 03.4840.I998
Absorpsi, %	0,20-2,00	SNI I970.2008
Berat jenis (SSD)	1,6-3,2	SNI I970.2008
Modulus kehalusan	2,20-3,10	SNI 03.1968.1990

#### Agregat kasar

Agregat kasar ialah hasil pecahan alami kerikil dan batuan maupun bahan yang diperoleh dari industri pemecah batu dan memiliki dimensi butiran antara 5 milimeter hingga 40 milimeter, menurut SNI 03.2847.2013. Agregat kasar yang bisa menghasilkan beton kualitas tinggi adalah agregat kasar yang mempunyai ukuran lebih besar dari pada 4,75 milimeter, bersih dari faktor organik, memiliki butiran keras serta tidak berpori, dan tidak mempunyai lumpur lebih dari 10% berat kering.

Tabel 3. Hasil analisa proporsi saringan agregat kasar

Standar Saringan (cm)	Jumlah Lolos (%)			
	Susunan Agregat	10 mm	20 mm	40 mm
7,8		100	-	-
3,8		95 - 100	100	-
1,9		35 - 70	95 -100	100
0,96		10 - 40	30 - 60	50-85
0,48		0 - 5	0 - 10	0-10

Tabel 4. Detail spesifik agregat kasar

Spesifik Agregat Kasar	Interval Batas	Panduan
Kandungan lumpur, %	0,2-1,0	SNI 03-4142-1996
Kandungan air, %	0,5-2,0	SNI 03-1971-1990
Jumlah volume padat, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03-4804-1998
Jumlah volume gembur, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03-4804-1998
Absorpsi, %	0,20-2,00	SNI 1969-2008
Berat jenis SSD	1,60-3,20	SNI 1969-2008

#### Air

Air digunakan agar ada proses reaksi kimia pada proses hidrasi. Menurut Paul Nugraha, Air yang

diperlukan banyak dipengaruhi oleh faktor di bawah ini : [2]

1. Dimensi agregat maksimal: diameter membesar.
2. Wujud butir: wujud bulat, hingga kebutuhan air menyusut.
3. Gradasi agregat: gradasi baik, sehingga kebutuhan air menyusut buat kelecanan yang sama.
4. Kotoran dalam agregat: semakin banyak silt, tanah liat serta lumpur, sehingga kebutuhan air bertambah.
5. Jumlah agregat halus: agregat halus lebih sedikit, sehingga kebutuhan air menurun.

### Fly Ash (Abu Terbang)

Menurut ASTM C-618 (ASTM,1995:304), abu terbang atau *fly ash* adalah butiran halus sisanya hasil pembakaran batubara yang digiling halus. Bahan ini mempunyai warna abu-abu serta butirannya berupa bundar bersifat pozzolanic (bila terkena air akan mengeras). *Fly ash* diambil dari tambang batubara yang digunakan sebagai sumber bahan utama dalam suatu stasiun tenaga pembangkit yang dihancurkan terlebih dulu sebelum proses pembakaran. *Fly ash* sebagai bahan pozzolan memiliki ketahanan terhadap agresi sulfat serta air kotor. Kegunaan abu batubara selaku bahan aditif dalam beton ialah selaku pengisi (filler) yang menaikan internal kohesi serta mengurangi porositas area transisi yang merupakan bagian terkecil dalam beton, sehingga beton jadi lebih kokoh. Pada usia 7 hari, pergantian fisik abu batubara akan membagikan kontribusi terhadap pergantian kekuatan yang ada pada beton, sebaliknya pada usia 7 - 28 hari, penambahan kekuatan beton karena akibat dari campuran antara ion, dikelilingi dengan molekul semen serta reaksi pozzolan. (Jackson, 1977). [3]

**Tabel 5.** Komposisi dan klasifikasi *fly ash*

Komponen	Bituminous	Sub-bitumis	Lignit
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	20-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4
LO	10-15	0-3	0-5

### Batu Gamping

Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Substitusi.....

Batu gamping adalah batuan sedimen yang bahan utamanya tersusun dari kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) berbentuk mineral kalsit. Di Indonesia, batu gamping sering disebut dengan istilah batu kapur, sebaliknya istilah luarnya biasa disebut "limestone"

Penelitian sebelumnya yang meneliti tentang variasi *Fly ash* dan batu gamping antara lain Robby Candra Hasyim (2015), telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan *Fly ash* sebagai substitusi semen. [4] Dimash Suryadi (1998), "Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash* PLTU Terhadap Kuat Tekan Beton". [5] Rifanh Gusrianto (2016), "Pengaruh Penambahan Batu Kapur Pada Sebagai Agregat Halus Pada Kuat Tekan Beton Normal". [6] Nurul Rochmah (2016), "Pemanfaatan Batu Kapur Didaera Sampah Madura Sebagai Bahan Penganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton". [7]

Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Fly ash* sebagai bahan substitusi semen dan penggunaan batu gamping sebagai agregat kasar untuk mendapatkan sifat mekanik beton seperti nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton dan untuk mengetahui tingkat persentase pemakaian *Fly ash* yang masih aman digunakan untuk mendapatkan mutu beton yang optimum.

### METODE

Lokasi pengambilan *Fly Ash* berada padah PT. Makassar Tene Jl. Ir. Sutamih No. 38 Kompleks Pergudangan Parangloe Indah Makassar, Sulawesi Selatan, dan pengambilan batu gamping berada padah PT. Semen Tonasa, Desa Biringre, Kacamatan Bungoroh, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan



Gambar 1. Lokasi penelitian

### 1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental di laboratorium seperti pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus, pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah dan pengujian kuat lentur beton.

## 2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

Pemeriksaan karakteristik agregat halus didasarkan pada standar spesifikasi SNI. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus setelah dilakukan pengujian dan analisis data diperoleh hasil seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 6.** Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
Jumlah Air	4,4933	0,0%-5,00%	Meme-nuhi
Sat Organik	No.1	<No. 3 %	Meme-nuhi
Kadar Lumpur	1,6	0,20%-6,00%	Meme-nuhi
Berat Volume Padat	1,67	1,4-1,9 kg/liter	Meme-nuhi
Berat Volume Gembur	1,55	1,4-1,9 kg/liter	Meme-nuhi
Berat Jenis SSd	2,56	1,60-3,20	Meme-nuhi
Absorsi / Penyerapan	1,73	0,20% -2,00%	Meme-nuhi
Modulus Kehalusan	2,49	2,20-3,10	Meme-nuhi

## 3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Pemeriksaan karakteristik agregat kasar pecahan batu gamping didasarkan pada standar spesifikasi SNI. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar setelah dilakukan pengujian dan analisis data diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 7.** Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
Kadar lumpur	4,4933	0,2%-1,0%	Meme-nuhi
Kadar Air	0,51	0,5%-2,0%	Meme-nuhi
Berat Volume Gembur	1,42	1,4-1,9kg/Liter	Meme-nuhi
Berat Volume Padat	1,67	1,4-1,9 kg/Liter	Meme-nuhi
Berat Volume Gembur	1,52	1,4-1,9 kg/Liter	Meme-nuhi
Berat	2,64	1,60-3,20	Meme-

Jenis SSD	nuhi
Absorsi / Penyerapan	1,23 0,20% -4,00% Meme-nuhi

## 4. Pemeriksaan Karakteristik Beton

### Kuat Tekan Beton (Berdasarkan SNI 1974 2011)

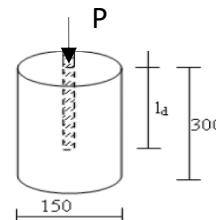
Kuat tekan merupakan besarnya beban persatuannya luas, sehingga mengakibatkan silinder beton hancur karena beban yang dihasilkan oleh alat uji tekan. [8] Perhitungan kuat tekan beton digunakan persamaan (1) :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$P$  = beban maksimal (N)

$A$  = luas pempang benda ujih ( $\text{mm}^2$ )



**Gambar 2.** Uji kuat tekan

### Kuat Tarik Belah Beton (Berdasarkan SNI 2491:2014)

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tarik belah dari silinder beton yang ditekan pada sisih panjangnya. Kekuatan tarik belah beton relatif kecil, nilai kuat tekan dan tarik belah beton tidak berbanding lurus. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji tarik belah disebut *split cylinder strenght* atau kuat tarik belah, yang dihitung dengan persamaan (2), dengan meknisme pengujian yang ditunjukkan pada gambar berikut. [9]

$$T = \frac{2P}{\pi l d} \quad \dots \dots \dots (2)$$

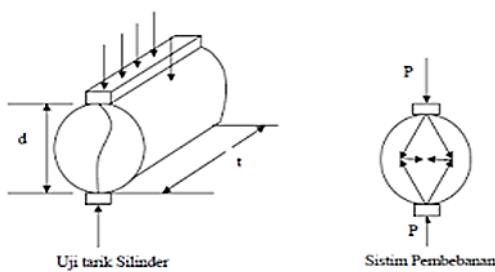
Dimana :

$T$  = Kekuatan tarik belah ( $\text{N/mm}$ , MPa)

$P$  = Besarnya beban (N)

$L$  = Panjang benda ujih (mm)

$D$  = Diameter benda ujih (mm)



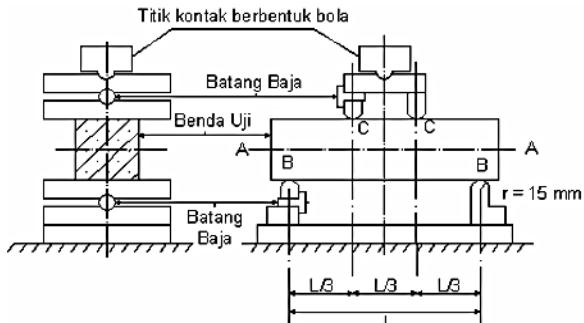
Gambar 3. Uji tarik belah

## Pengujian Kuat Lentur Beton (Berdasarkan SNI 4431-2011)

Kuat lentur merupakan kemampuan dari benda uji balok untuk menahan gaya yang tegak lurus pada pada permukaan benda uji sehingga mengakibatkan balok beton tersebut patah. [10] Kuat lentur beton digunakan dengan persamaan (3) berikut.

**Keterangan :**

Tabel 8. Komposisi campuran beton substitusi *fly ash* silinder dan balok metode ACI dalam 1 m<sup>3</sup>



Gambar 4. Benda uji, perletakan dan pembebahan

## 5. Komposisi Campuran

Dari hasil pemeriksaan material dan hasil perhitungan *mix design* beton dengan metode ACI 211.2-98 (*American Concrete Institute*) diperoleh komposisi campuran beton dapat dilihat pada table berikut.

Material	Berat kg/ 1 m <sup>3</sup> Silinder <i>Fly Ash</i>			
	0%	10%	15%	20%
<i>Fly Ash</i>	0	0,25	0,38	0,51
Semen	2,53	2,28	2,15	2,03
Agregat Halus	4,57	4,57	4,57	4,57
Agregat Kasar	6,54	6,54	6,54	6,54
Air	1,02	1,02	1,0	1,02
Berat kg/ 1 m <sup>3</sup> Balok				
<i>Fly Ash</i>	0	0,65	0,97	1,29
Semen	6,45	5,81	5,49	4,32
Agregat Halus	11,64	11,64	11,64	11,64
Agregat Kasar	16,66	16,66	16,66	16,66
Air	2,59	2,59	2,59	2,59

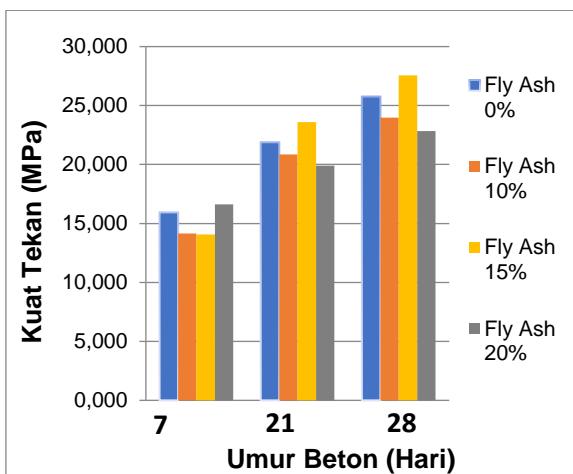
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## 1. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan (SNI 1974-2011). Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan menggunakan *Compressionh Testhing Macthine*. Uji kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton dalam menerima beban tekan dalam satuan KN. Berikut merupakan hasil perhitungan dari kuat tekan beton dari varisi substitusi *Fly ash* 0%, 10%, 15% dan 20%.

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan kuat tekan

Umur Pera watan (Hari)	Fly Ash	Beban P (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan		
7	0%	280000	285000	17662,5	15,947	
			280000			
			260000			
			240000	17662,5	14,154	
			250000			
	10%	250000	250000	17662,5	14,060	
			245000			
			290000			
			295000	17662,5	16,608	
			390000			
21	0%	390000	380000	17662,5	21,892	
			390000			
			365000			
			370000	17662,5	20,854	
			370000			
	10%	420000	420000	17662,5	23,590	
			410000			
			380000			
			375000	17662,5	19,910	
			370000			
28	0%	450000	450000	17662,5	25,761	
			460000			
			455000			
			420000			
			420000	17662,5	23,968	
	10%	430000	430000			
			490000			
			480000	17662,5	27,554	
			490000			
			420000			
	15%	410000	410000	17662,5	23,213	
			400000			



Gambar 5. Hubungan antara umur beton dengan kuat tekan beton

Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton terhadap umur beton dari beberapa variasi *Fly ash* dimana kuat tekan rencana adalah 25 MPa. Subtitusi *Fly ash* 20% awalnya tinggi dari substitusi yang lain pada umur 7 hari, namun pada saat umur 28 hari tidak mencapai kuat tekan rencana. Begitupun sebaliknya dengan substitusi *Fly ash* 15% awalnya sangat rendah, namun pada saat umur 21 hari terus mengalami peningkatan dan pada umur 28 hari mengalami pertambahan nilai dari kuat tekan yang direncanakan.

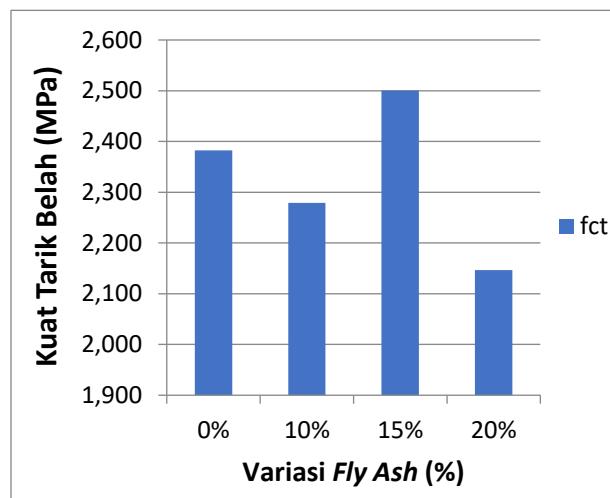
## 2. Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada saat benda uji 28 hari dengan menggunakan *Comprhession Testing Macthine* untuk mendapatkan beban maksimal yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut ( $P_{maks}$ ) dalam satuan KN.

Grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara variasi *Fly ash* dengan kuat tarik belah beton awalnya mengalami penurunan di substitusi *Fly ash* 10%, namun pada saat variasi substitusi *Fly ash* 15% mengalami peningkatan, tetapi pada saat variasi substitusi *Fly ash* 20% terjadi lagi penurunan.

Tabel 10. Rekapitulasi perhitungan kuat tarik belah pada umur 28 hari

<i>Fly Ash</i>	Beban P (Ton)	Kuat Tarik Belah (MPa)
0%	170000	
	165000	2,383
	170000	
	160000	
10%	160000	
	163000	2,279
15%	180000	
	170000	2,501
	180000	
	150000	
20%	150000	
	155000	2,147



Gambar 6. Hubungan antara variasi *fly ash* dengan kuat tarik belah

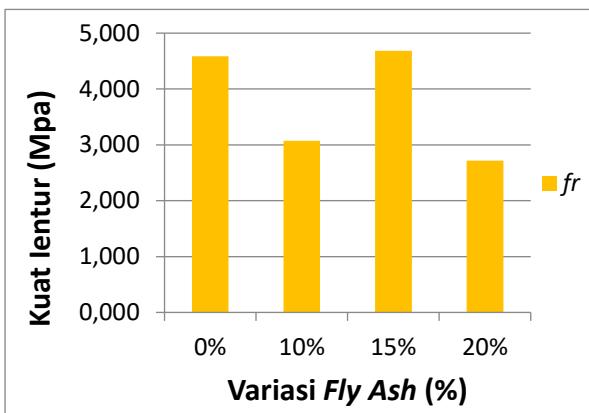
## 3. Hasil Pemeriksaan Kuat Lentur

Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan (SNI 4431-2011), dengan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 600 x 150 x 150 mm. Benda uji diletakkan pada alat uji lentur dengan dua titik pembebanan.

Tabel 11. Rekapitulasi perhitungan kuat lentur

<i>Fly Ash</i>	P (Ton)	Kuat Lentur $f_r$ (MPa)
0%	3	
	3,1	4,583
	3	
10%	2	
	2,1	3,072

	2	
	3	
15%	3	4,684
	3,3	
	2	
20%	1,8	2,720
	1,6	



Gambar 7. Hubungan antara variasi *Fly ash* dengan kuat lentur

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara variasi substitusi *Fly ash* dengan kuat lentur dimana pada saat substitusi *Fly ash* 10% dan 20% mengalami penurunan, tetapi pada saat substitusi *Fly ash* 15% mengalami peningkatan.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian kuat tekan dengan substitusi *Fly ash* 0%, 10%, 15%, dan 20% berturut-turut adalah 25,761 MPa; 23,968 MPa; 27,559 MPa; 23,213 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah pada variasi yang sama berturut-turut adalah 2,383 MPa; 2,279 MPa; 2,501 MPa; 2,147 MPa. Hasil pengujian kuat lentur pada variasi yang sama berturut-turut adalah 4,585 MPa; 3,072 MPa; 4,684 MPa; 2,720 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan dari 0% sampai 10% mengalami penurunan terhadap beton normal, namun dengan *Fly ash* 15% mengalami kenaikan. Akan tetapi pada saat 20%, kembali mengalami penurunan. Jadi, penggunaan *Fly ash* dengan substitusi 15% masih aman untuk digunakan sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 03-2847-2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bagunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Antoni dan P. Nugraha, 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2007.
- [3] Jackkson, M. G., 1977. *Review article. The alkali treatment of straw*. Anim. Fed Sci. and Tecsh. 2: 105–130.
- [4] R.Hasyim, “Pegaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Penganti Semen Pada Bata Beton Beragregat Botom Ash,” Nov 21, 2017. <http://digilib.unila.ac.id/29675/> (diakses Feb 06, 2021).
- [5] D. Suryadi, 1998. *Pegaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) PLTU Terhadap Kuat Teken Beton*. 1998.
- [6] R. Gusrianto, “Pengaruh Penambahan Batu Kapur Pada Sebagai Agegat Halus Pada Kuat Tekah Beton Normal” *Jurnal Teknik Sipil ITP*, Volume 3. Nomor.2. Hlm.17-27.
- [7] N. Rochmah, 2016, “Pemanfaatan Batu Kapur Diderah Sampang Madura Sebagai Bahan Penganti Agragat Kasar Pada Campuran Beton,” *JHP17 J. Has. Penelit.*, Volume. 1, Nomor. 02, Art. no. 02, doi: 10.30996/jhp17.v1i02.936.
- [8] SNI 1974-2011, *Cara Uji Tekan Beton Dengan Bendah Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [9] SNI 2491-2014, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2014.
- [10] SNI 03-4431-2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.