

Pemanfaatan *Bottom Ash* Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kekuatan Beton

Agnes Claudia Posedung¹, Frans Phengkarsa^{*2}, Desy Sandy^{*3},

*1 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
agnesclaudia@gmail.com

*2³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
fphengkarsa@hotmail.com dan sandy.mylife@yahoo.co.id

ABSTRAK

Bottom ash merupakan hasil sisa pembakaran batu bara yang dapat bermanfaat untuk pemanfaatan penyusun campuran beton. Pada penelitian ini *bottom ash* digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus dalam pembuatan beton. *Bottom ash* memiliki ukuran butir lebih besar dan lebih berat dengan karakteristik berwarna abu-abu gelap. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan beton yang menggunakan *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregat halus. Persentase penggunaan *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregat halus sebesar 0%, 25% dan 35%. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Universitas Kristen Indonesia Paulus. Benda uji yang digunakan berupa silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 36 buah. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan, uji kuat tarik belah dan uji modulus elastisitas dengan mutu beton rencana 30 MPa. Dari hasil penelitian, untuk hasil uji kuat tekan diperoleh variasi *bottom ash* optimum pada penggunaan *bottom ash* 35% dengan kuat tekan sebesar 33,764 MPa pada umur 28 hari, pengujian kuat tarik belah diperoleh variasi *bottom ash* optimum pada penggunaan *bottom ash* 35% dengan kuat tarik belah sebesar 3,253 MPa pada umur 28 hari sedangkan nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada penambahan *bottom ash* 35% yaitu sebesar 27332.0255 Mpa. Dan diperoleh persentase hubungan kuat tarik belah untuk variasi *bottom ash* 0%, 25% dan 35% berturut-turut sebesar 8,007%, 8,983% dan 9,635% dari kuat tekan. Nilai tersebut memenuhi atau sesuai dengan yang ditentukan yaitu rata-rata berkisar antara 7% hingga 11% dari kuat tekannya dengan rata-rata berkisar 9%. Dari variasi *bottom ash* yaitu 0%, 25% dan 35% pada benda uji silinder, yang mencapai f_c 30 Mpa adalah *bottom ash* dengan variasi 35% dan dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus.

Kata Kunci : *bottom ash*, kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas

ABSTRACT

Bottom ash is the result of coal combustion which can be useful for the use of concrete mix constituents. In this study, *bottom ash* is used as a substitute for fine aggregate in the manufacture of concrete. *Bottom ash* has a larger and heavier grain size with a characteristic dark gray color. The purpose of this study was to determine the strength of concrete using *bottom ash* as a substitute for fine aggregate. The percentage of the use of *bottom ash* as a substitute for fine aggregate is 0%, 25%, and 35%. The research was conducted at the Laboratory of Material Technology, Paulus University of Indonesia Christianity. The test objects used were 36 cylinders with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Tests conducted in the form of compressive strength test, split tensile strength test, and modulus of elasticity test with a concrete quality plan of 30 MPa. From the research results, for the compressive strength test results obtained the optimum *bottom ash* variation at the use of 35% *bottom ash* with a compressive strength of 33,764 MPa at the age of 28 days, the split tensile strength test obtained the optimum variety of *bottom ash* at the use of *bottom ash* 35% with split tensile strength of 3,253 MPa at the age of 28 days while the highest modulus of elasticity was obtained at the addition of 35% *bottom ash* which was 27332.0255 Mpa. And the percentage of split tensile strength relationship for *bottom ash* variation is 0%, 25%, and 35% of 8.007%, 8.983%, and 9.635% of the compressive strength, respectively. This value meets or is by following per under with what is determined, namely the average ranges from 7% to 11% of the compressive strength with an average of around 9%. From the variation of *bottom ash*, namely 0%, 25%, and 35% in cylindrical specimens, which reaches f_c 30 Mpa is *bottom ash* with a variation of 35% and can be used as a substitute for fine aggregate.

Keywords: *bottom ash*, strong concrete pull, elasticity modulus

PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu perkembangan pengetahuan tentang beton, telah banyak industri yang telah mengganti bahan dasar campuran beton untuk mendapatkan hasil beton yang bermutu, ekonomis dan efisien. Salah satu bidang industri yang saat ini makin maju perkembangannya adalah industri batu bara. Dengan meningkatnya pertumbuhan industri batu bara maka makin meningkat pula limbah yang dihasilkan dan memiliki sifat yang dapat mencemari lingkungan seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem. Hal ini yang mendasari pemanfaatan limbah batu bara yaitu *bottom ash* sebagai agregat halus. *Bottom ash* merupakan abu dasar yang berbentuk seperti abu yang tertinggal dan dikeluarkan di bawah tungku pembakaran dari hasil sisa pembakaran batu bara. *Bottom ash* memiliki ukuran butir lebih besar dan lebih berat dengan karakteristik berwarna abu-abu gelap. Di kota Makassar, Sulawesi Selatan Pengudangan Parangloe Indah (PT.Makassar Tene) terdapat limbah *bottom ash* (abu dasar) dengan jumlah yang cukup besar sehingga memerlukan pengelolaan yang baik.

Tujuan penelitian untuk untuk mengetahui kuat tekan dan tarik belah dengan persentase *bottom ash* dalam campuran beton, dengan menggunakan variasi persentase *bottom ash* yaitu 0%, 25%, dan 35% dengan menggunakan mutu beton yaitu f'_c 30 MPa.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Kota Makassar, Sulawesi Selatan jalan Ir. Sutami, No. 38 Kompleks Pengudangan Parangloe Indah (PT.Makassar Tene) adalah lokasi pengambilan *bottom ash* (abu dasar). Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 1 bulan mulai bulan Mei – Juli 2019. Semen yang digunakan adalah Semen Holcim, Portland Composite Cement (PCC) produk PT Holcim Indonesia Tbk. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu yang berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini

adalah batu pecah yang berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan. Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air dari PDAM.

Beberapa penelitian sejenis yaitu pemanfaatan limbah *bottom ash* dapat digunakan menjadi pengganti agregat halus dalam pembuatan beton dengan menurunkan kadar karbon [1], nilai *slump* tidak terlalu dipengaruhi oleh variasi abu dasar [2], pada pembuatan paving dengan memanfaatkan limbah abu dasar dengan tambahan kapur dapat digunakan meskipun kuat tekan belum maksimal [3], dengan penambahan abu dasar dapat meningkatkan daya serap bata semen tetapi menurunkan kuat tekan [4], Penurunan kekuatan dan *flow ability* terjadi pada abu dasar yang diayak dan sebaliknya untuk abu dasar yang ditumbuk [5], dengan menggunakan abu dasar sebagai pengganti agregat halus pasir Lumajang makan kekuatan dan *workability* beton HVFA semakin menurun. [6]

METODE

Kuat Tekan Beton (Berdasarkan SNI 1974:2011)

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Kuat tekan dihitung dari beban tekan maksimum yang dapat ditahan dibagi dengan luas penampang benda uji.

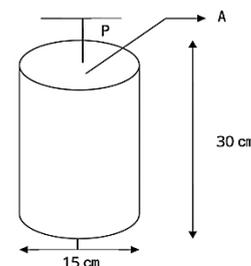
$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

f'_c = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan maksimum yang dapat ditahan (Newton)

A = Luas penampang silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm (mm²)



Gambar 2. Uji kuat tekan

Kuat Tarik Belah Beton (SNI 2491:2014)

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya. Kekuatan tarik belah beton relative rendah, nilai kuat tekan dan tarik belah beton tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai dengan peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan pada mesin

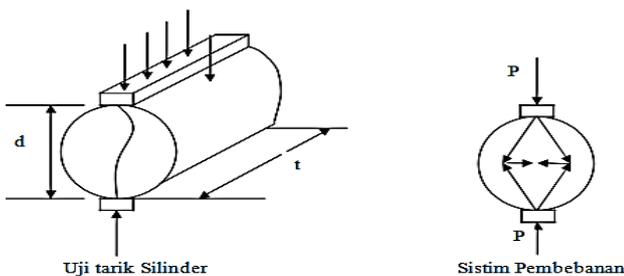
Pengujian tersebut menggunakan silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan dengan arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata ke arah tegak lurus dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji tarik belah disebut *split cylinder strength* atau kuat tarik belah.

Berdasarkan SNI 2491:2014, nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

Keterangan:

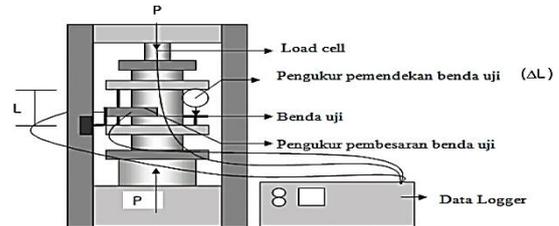
- f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)
- P = Beban uji maksimum (N)
- L = Panjang benda uji silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 3. Uji Tarik Belah

Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas (E_c) merupakan properti mekanik dari struktur beton yang sangat penting. Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 4. Pengujian modulus elastisitas beton

Pada benda uji silinder dipasang dial gauge untuk mengukur pemendekan yang terjadi pada benda uji. Standar pengujian modulus elastisitas mengacu pada ASTM C 469 -02 "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression". Besarnya modulus elastisitas dihitung dengan rumus:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (3)$$

dengan:

- E_c = modulus elastisitas beton (MPa)
- S_2 = besar tegangan saat 40% beban batas (MPa)
- S_1 = besar tegangan saat regangan 0,00005 (MPa)
- ϵ_2 = regangan saat 40% beban batas 60

Modulus elastisitas adalah suatu ukuran dari kekakuan (*stiffness*) atau daya tahan bahan terhadap deformasi. Modulus elastisitas ditentukan dari perubahan tegangan terhadap regangan dalam batas elastisnya.

Desain dan Jumlah Benda Uji

Jenis benda uji yaitu silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Metode rancangan campuran beton yang digunakan adalah metode ACI dan Jumlah sampel sebanyak 36 sampel. FAS 0,43.

Tabel 1. Jumlah benda uji untuk kuat tekan

No.	Kode	Variasi Presentase <i>Bottom ash</i>	Jenis Pengujian	Bentuk Benda Uji	Jumlah dan Umur Benda Uji		
					7 hari	21 hari	28 hari
1	BKT	0%	Kuat Tekan	Silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm	3	3	3
2		25%			3	3	3
3		35%			3	3	3

Tabel 2. Jumlah benda uji untuk kuat tarik belah

No.	Kode	Variasi Presentase <i>Bottom ash</i>	Jenis Pengujian	Bentuk Benda Uji	Jumlah dan Umur Benda Uji
					28 hari
1	BTB	0%	Kuat Tarik Belah	Silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm	3
2		25%			3
3		35%			3

Identifikasi Benda Uji

Benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, terdiri dari Beton dengan *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregat halus sebanyak 18 silinder untuk pengujian kuat tekan dan 6 silinder untuk kuat tarik belah. Beton tanpa *bottom ash* sebanyak 9 silinder untuk pengujian kuat tekan dan 3 silinder untuk kuat tarik belah. Pembuatan beton dengan menggunakan metode ACI.

Material yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari sungai Jeneberang dan abu batu yang berasal dari sungai Jeneberang. Pengujian karakteristik material agregat kasar dan halus dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus meliputi Pemeriksaan Analisa Saringan, Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan, Pemeriksaan Berat Volume, Pemeriksaan Kadar Lumpur dan Pemeriksaan Kadar Air. Pengujian agregat didasarkan pada standar SNI.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agregat Kasar dan Halus

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

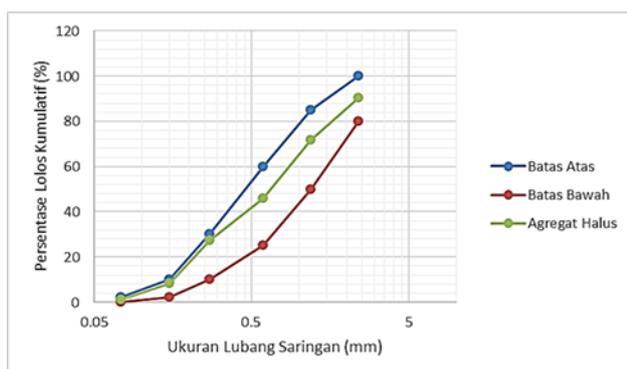
No.	Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
1	Kadar Air	3,305 %	3,00 % - 5,00 %	Memenuhi
2	Zat Organik	No. 1	<No. 3	Memenuhi
3	Kadar Lumpur	1,318 %	0,20 % - 6,00 %	Memenuhi
4	Berat Volume Padat	1,555 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
5	Berat Volume Gembur	1,433 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
6	Berat Jenis SSD	2,48	1,60 – 3,20	Memenuhi
7	Absorpsi (Penyerapan)	1,265 %	0,20 % - 2,00 %	Memenuhi
8	Modulus Kehalusan	2,499 %	2,20 – 3,10	Memenuhi

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Karakteristik *Bottom ash*

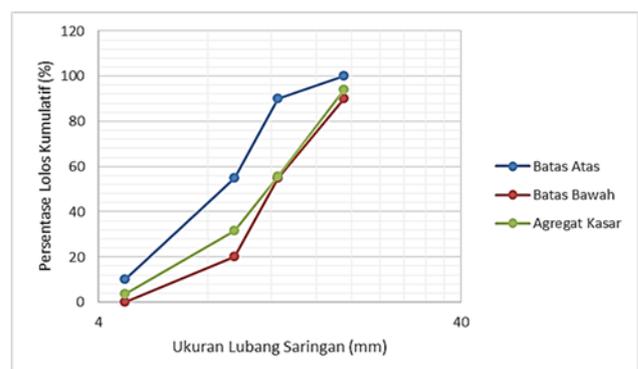
No.	Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
1	Kadar Air	3,19 %	3,00 % - 5,00 %	Memenuhi
2	Zat Organik	No. 1	<No. 3	Memenuhi
3	Kadar Lumpur	2,249 %	0,20 % - 6,00 %	Memenuhi
4	Berat Volume Padat	1,469 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
5	Berat Volume Gembur	1,413 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
6	Berat Jenis SSD	2,27	1,60 – 3,20	Memenuhi
7	Absorpsi (Penyerapan)	1,73 %	0,20 % - 2,00 %	Memenuhi
8	Modulus Kehalusan	2,475 %	2,20 – 3,10	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
1	Kadar Air	0,566 %	0,50 % - 2,00 %	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,483 %	0,20 % - 1,00 %	Memenuhi
3	Berat Volume Padat	1,619 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/lite	Memenuhi
4	Berat Volume Gembur	1,475 kg/liter	1,4 - 1,9 kg/lite	Memenuhi
5	Berat Jenis SSD	2,561	1,60 - 3,20	Memenuhi
6	Absorpsi (Penyerapan)	1,668 %	0,20 % - 2,00 %	Memenuhi



Gambar 5. Pembagian gradasi butiran agregat halus



Gambar 6. Pembagian gradasi butiran agregat kasar

Mix Design

Mix design dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan

menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu. Dari hasil perhitungan *mix design* beton, diperoleh komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan bahan campuran beton untuk 1 m³ dengan variasi *bottom ash*

Material	Berat kg/m ³		
	<i>Bottom ash 0%</i>	<i>Bottom ash 25%</i>	<i>Bottom ash 35%</i>
Agregat Kasar	1133,78	1133,78	1133,78
Agregat Halus	599	449,25	389,35
Semen	448,837	448,837	448,837
Air	193	193	193
<i>Bottom ash 25%</i>	-	149,75	-
<i>Bottom ash 35%</i>	-	-	209,65

Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 21 hari dan 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{maks}) dalam satuan KN.

Contoh Perhitungan :

Umur 28 Hari (Variasi *Bottom ash 35%*) :

$$\text{Beban Maksimum (P)} = 610 \text{ KN} = 610000 \text{ N}$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = 17671.459 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (} f'_c \text{)} &= \frac{610000}{17671.459} \\ &= 34.519 \text{ N/mm}^2 = \\ &34.519 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur beton 7 hari, 21 hari dan 28 hari dapat dilakukan uji kuat tekan di Laboratorium. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 7, 8, dan 9.

Tabel 9. Kuat tekan beton dengan campuran *bottom ash* pada umur 7 hari

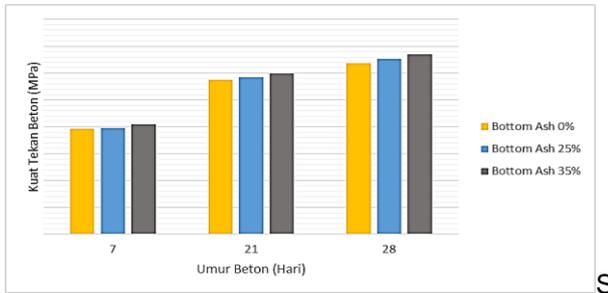
Variasi <i>Bottom ash</i>	Kuat Tekan Beton Aktual (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
<i>BA 0%</i>	19,617	30,180
<i>BA 25%</i>	19,806	30,471
<i>BA 35%</i>	20,466	31,486

Tabel 8. Kuat tekan beton dengan campuran *bottom ash* pada umur 21 hari

Variasi <i>Bottom ash</i>	Kuat Tekan Beton Aktual (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
<i>BA 0%</i>	28,766	30,280
<i>BA 25%</i>	29,237	30,776
<i>BA 35%</i>	29,898	31,471

Tabel 9. Kuat tekan beton dengan campuran *bottom ash* pada umur 28 hari

Variasi <i>Bottom ash</i>	Kuat Tekan Beton Aktual (Mpa)	Kuat Tekan Beton (Mpa)
<i>BA 0%</i>	31,784	31,784
<i>BA 25%</i>	32,538	32,538
<i>BA 35%</i>	33,764	33,764



Gambar 7. Hubungan Antara Umur Beton Dengan Kuat Tekan Beton.

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa kuat tekan beton dari beberapa variasi substitusi *bottom ash* semakin meningkat, seiring bertambahnya umur beton. Dimana kuat tekan terbesar pada substitusi *bottom ash* 35% yaitu 33,764 MPa.

Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada saat benda uji 28 hari dengan menggunakan *Compression*

Testing Machine untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{maks}) dalam satuan KN.

Contoh Perhitungan :

Umur 28 Hari (Variasi *Bottom ash* 35%) :

$$\text{Beban Maksimum (P)} = 240 \text{ KN} = 240000 \text{ N}$$

$$\text{Panjang Benda Uji Silinder (L)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Benda Uji Silinder (D)} = 150 \text{ mm}$$

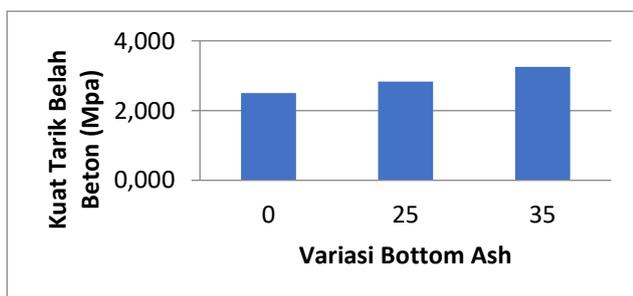
$$\begin{aligned} \text{Kuat Tarik Belah (} f_{ct} \text{)} &= \frac{2P}{\pi LD} \\ &= \frac{2 \times 240000}{\pi \times 300 \times 150} \\ &= 3,394 \end{aligned}$$

$$\text{N/mm}^2 = 3,394 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan panjang 30 cm pada umur beton 28 hari dapat dilakukan uji kuat tarik belah di Laboratorium. Berikut hasil pengujian kuat tarik belah beton pada tabel 10.

Tabel 10. Kuat Tarik Belah Beton dengan Campuran *Bottom ash* pada umur 28 hari

Variasi <i>Bottom ash</i>	Kuat tarik belah beton (MPa)
BA 0 %	2,545
BA 25 %	2,923
BA 35 %	3,253



Gambar 8. Hubungan antara variasi substitusi *bottom ash* dengan kuat tarik belah

Dari gambar 8 menunjukkan hubungan antara variasi substitusi *bottom ash* dengan kuat tarik belah beton semakin meningkat. Dimana kuat tarik belah terbesar pada substitusi *bottom ash* 35% yaitu 3,253 MPa.

Modulus Elastisitas Beton

Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan ASTM C469, dengan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Alat uji modulus elastisitas akan dipasang pada benda uji yang selanjutnya ditekan pada alat tekan beton (*Compression Testing Machine*) dimana pembacaan *dial gauge* vertikal dan *dial gauge* horizontal dilakukan setiap kenaikan 100 kN pada pembacaan beban.

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} (3,14) (149,8^2) \\ &= 17624,366 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai strain vertikal} &= \text{Pembacaan dial} \\ \text{vertikal / tinggi awal beton} &= 0,26 / 300 \\ &= 0,00086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S2 &= (\text{beban tertinggi (kN)} \times 0,4 \times 1000) / A \\ &= (495 \times 0,4 \times 1000) / 17624,366 \\ &= 11,234 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S1 &= \text{nilai tegangan awal} + (\text{nilai tegangan} \\ &\text{kedua} - \text{nilai tegangan awal}) / (\text{strain} \\ &\text{kedua} - \text{strain vertikal awal}) \times (\varepsilon_1 - \text{strain} \\ &\text{vertikal awal}) \\ &= 5.674 + (11.348 - 5.674) / (0.000298706 - \\ &6.6379E-05) \times (0.00005 - 6.6379E-05) \\ &= 5.273948517 \end{aligned}$$

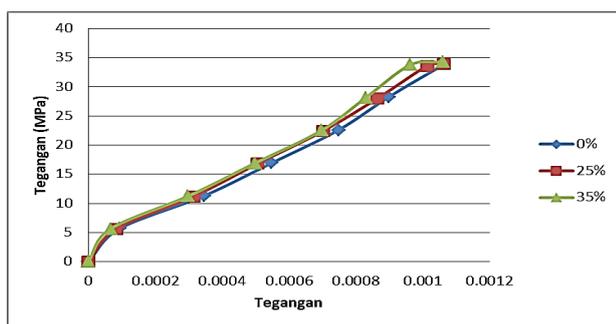
$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= \text{strain vertikal awal} + (\text{strain vertikal kedua} - \\ &\text{nilai strain vertikal awal}) / \\ &(\text{nilai tegangan kedua} - \text{tegangan awal}) \times (S2 - \text{nilai} \\ &\text{tegangan awal}) \\ &= 6.6379E-05 + (0.000298706 - 6.6379E-05) / \\ &(11.348 - 5.674) \times (11.23444655 - 5.674) \\ &= 0.000294059 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{S2-S1}{\varepsilon_2-0.00005} \\ &= \frac{11,234 - 5,274}{0.00029 - 0.00005} \\ &= 24422.357 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 11. Hasil uji modulus elastisitas beton

Variasi <i>Bottom ash</i>	Tegangan (Mpa)	Regangan	Modulus Elastisitas (Mpa)	Modulus Elastisitas Teoritis
				$4700 \cdot \sqrt{f_c}$
0%	28.086	0.000862927	24422.357	24908.2263
	33.254	0.000999001	26241.633	27103.1522
	33.863	0.001064892	26405.160	26497.3319
25%	30.315	0.000895522	24698.739	25877.7578
	32.26	0.000993377	26712.380	26695.0070
	33.874	0.001064892	26790.745	26809.7821
35%	32.388	0.001064538	26784.476	26747.9143
	33.818	0.001024116	25469.936	27332.0255
	34.29	0.001062417	27044.716	27310.1951



Gambar 9. Hasil pengujian modulus elastisitas beton

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas optimal berada pada persentase 35% dengan kuat tekan 33,764 MPa dan modulus elastisitas 27044.716 N/mm² dan paling rendah berada pada persentase 0% dengan kuat tekan 31,784 MPa dan modulus elastisitas 26405.160 N/mm².

Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah

Dalam penelitian diperoleh nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 untuk variasi *bottom ash* 0%, 25% dan 35% berturut – turut sebesar 2,545MPa, 2,923 MPa dan 3,253MPa. Sedangkan nilai kuat tekan pada umur 28 hari untuk variasi *bottom ash* 0%, 25% dan 35% berturut – turut sebesar 31,784 MPa, 32,538 MPa dan 33,764 MPa.

Variasi *Fly Ash* 35 %

$$f_t = 3,253 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 33,764 \text{ Mpa}$$

Persentase hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan 9,635%

Sehingga diperoleh persentase hubungan kuat tarik belah untuk variasi *fly ash* 0%, 25% dan 35%

berturut-turut sebesar 8,007%, 8,983% dan 9,635% dari kuat tekan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengujian laboratorium dengan benda uji silinder, komposisi beton dengan

menggunakan variasi *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus perbandingan ialah 1 : 1,33 : 2,57.

Dari hasil penelitian dan pengujian laboratorium dengan variasi 0%, 25% dan 35% pada benda uji silinder , yang mencapai $f'c$ 30 Mpa adalah *bottom ash* dengan variasi 35%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darwis dan Soelarso, 2015, "Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton" *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil* Vol.4, no.1
- [2] I Wayan S, 1012, "Pemanfaatan Abu Dasar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton", *INFRASTRUKTUR*, Vol 2., no.2.
- [3] Muhammad Q dan Sudarno, 2017, "Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving", *Jurnal Review in Civil Engineering*, Vol. 1, no.1.
- [4] Mufti A, Imran, dan Rofika S, 2019, "Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan *Bottom Ash* Pada Pembuatan Bata Semen", *Rekayasa Sipil*, Vol.13, no.1, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.01.9>
- [5] Aldi V, Samuel W, Djwantoro H, dan Antoni, 2016, "Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Mortar HVFA", *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol.5, no.2
- [6] Yohanes C, Andry W, Antoni, dan Djwantoro H, 2017, "Penggunaan *Bottom Ash* Yang Telah Diolah Untuk Pembuatan Beton HVFA Mutu Menengah" , *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil* Vol.6, no.1.