

ANALISA PENAMBAHAN *BOTTOM ASH* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

Sari Utama Dewi¹ dan Febri Prasetyo¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro, Indonesia

E-mail: saridewi.dewi1981@gmail.com

Received: 17 Juli 2021

Accepted: 29 Juli 2021

Published : 31 Juli 2021

Abstrak

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah banyak digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton mempunyai peranan sangat penting untuk konstruksi karena mampu menahan gaya tekan dengan baik. Pemakaian beton sudah populer, pada perkembangannya beton dicampuri dengan beberapa bahan tambahan baik berupa bahan kimia maupun non kimia di antaranya, abu Ampas tebu (AAT), *Fly Ash*, *Bottom Ash* dan polimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tambahan limbah batu bara (*bottom ash*) terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dengan beberapa variasi tambahan. Pengambilan data atau pengujian sample dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Metro dengan metode SK SNI.T-15 -1990 – 03. Dari hasil penelitian yang sudah lakukan, penambahan *bottom ash* yang ideal adalah pada persentase 0.09% karena memiliki kuat tekan dan berat beton yang sesuai rencana. Kuat tekan maksimum yang dapat dicapai dari semua komposisi campuran yang digunakan terdapat pada penambahan *bottom ash* sebesar 0.09% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 292.144 Kg/cm². Penambahan *bottom ash* pada persentase 0.09 % selalu menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada beton normal atau beton tanpa campuran.

Kata Kunci: Pengaruh *Bottom Ash*, Kuat Tekan Belah Beton, Kuat Tarik Belah Beton

Abstract

Concrete is one of the construction materials that has been widely used for buildings, bridges, roads, and others. Concrete has a very important role for construction because it is able to withstand compressive forces well. The use of concrete has been popular, in its development, concrete was mixed with several additional materials, both chemical and non-chemical, including bagasse ash (AAT), fly ash, bottom ash and polymers. This study aims to determine the effect of additional coal waste (*bottom ash*) on the compressive strength and split tensile strength of concrete, with several additional variations. Data collection or sample testing was carried out at the University of Muhammadiyah Metro laboratory using the SK SNI.T-15 -1990 – 03 method. From the results of research that has been done, the ideal addition of bottom ash is at a percentage of 0.09% because it has compressive strength and concrete weight according to the plan. The maximum compressive strength that can be achieved from all mixture compositions used is the addition of 0.09% bottom ash at the age of 28 days with a compressive strength value of 292.144 Kg/cm². The addition of bottom ash at a percentage of 0.09% always results in a higher compressive strength value than normal or unmixed concrete.

Keywords: *Bottom Ash Effect*, *Split Strength of Concrete*, *Split Tensile Strength of Concrete*

To cite this article:

Sari Utama Dewi dan Febri Prasetyo. (2021). Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (02), No. 02, pp: 31-45.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan di bidang teknologi rekayasa struktur di Indonesia, beton masih banyak digunakan pada pekerjaan konstruksi seperti bangunan gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi dan bangunan-bangunan yang lainnya [1].

Dalam beberapa kasus campuran beton memerlukan bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatannya. Tujuan pemberian bahan tambahan adalah untuk mengubah satu atau lebih dari sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar atau setelah mengeras [2]. Misalnya untuk mempercepat pengerasan, meningkatkan *workability*, menambah kuat tekan, menambah kuat tarik belah, menambah *daktilitas* (mengurangi sifat getas) mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya.

Dengan semakin mahalnya bahan-bahan bangunan saat ini maka muncul berbagai inovasi-inovasi satunya adalah penggunaan *bottom ash*. Pemanfaatan *bottom ash* dimaksudkan untuk menekan biaya tanpa harus mengurangi kekuatan dari beton itu sendiri. *Bottom ash* merupakan salah satu potensi limbah industri yang belum tergarap dengan baik adalah pemberdayaan dan pemanfaatan *bottom ash*, limbah bahan bakar batu bara [1]. Hasil sampingan dari bahan bakar tersebut berupa limbah yang melayang berupa abu terbang (*fly ash*) dan mengendap abu dasar (*bottom ash*).

Meskipun saat ini penelitian dan pemanfaatan mengenai abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) telah banyak dilakukan, akan tetapi untuk memanfaatkan bahan sampingan hasil industri utamanya di bidang konstruksi, maka harus tetap dilakukan penelitian atau kajian terhadap sifat fisik, kimia dan mekanik bahan-bahan tersebut [3]. Potensi *bottom ash* cukup besar mengingat bahan bakar minyak harganya melambung dan seiring dengan program pemerintah yang menggalakkan bahan bakar batu bara untuk industri. PLTU Tarahan Kabupaten Lampung Selatan adalah salah satu perusahaan industri pembangkit listrik tenaga uap di Lampung yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Perusahaan ini menghasilkan limbah padat hasil pembakaran berupa (*bottom ash*).

Sehubungan dengan perkembangan zaman, maka jumlah limbah juga akan meningkat. Kendala yang dihadapi PLTU Tarahan Kabupaten Lampung Selatan dalam mengelola limbah hasil pembakaran batu bara (LHPB) adalah terbatasnya pengelolaan LHPB, sedangkan LHPB setiap hari terus bertambah dan yang memanfaatkan LHPB sangat terbatas. Jika limbah tersebut tidak dimanfaatkan secara maksimal, maka akan menimbulkan dampak sosial dan lingkungan bagi masyarakat Tarahan, seperti sesak nafas pada manusia, matinya tumbuh

tumbuhan, dan lain-lain. LHPB yang banyak dimanfaatkan saat ini adalah abu terbang (*fly ash*) dan *gypsum*, sedangkan *slag (bottom ash)* masih minim pemanfaatannya, sehingga limbah ini masih menumpuk [3].

Berdasarkan permasalahan di atas maka dilakukan penelitian mengenai penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambahan agregat halus (pasir) untuk campuran beton mutu K-250 dengan tujuan memanfaatkan limbah batu bara yang semakin banyak dan menjaga lingkungan dari pencemaran batu bara tersebut.

TELAAH PUSTAKA

Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, pasir, agregat kasar, dan air dengan bahan tambahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan dan kimia dengan perbandingan tertentu yang mengeras menjadi benda padat [4].

Agregat merupakan bagian yang terbanyak dalam pembentukan beton. Sedangkan semen dan air akan membentuk pasta yang akan mengikat agregat. Tugas perekat yaitu menghubungkan pasir atau kerikil dan mengisi lubang-lubang. Tambahan air baru memungkinkan pengikat dan pengerasan dari perekat. Jenis-jenis beton yaitu [5]:

a) Beton Ringan

Berat jenisnya $<1900 \text{ kg/m}^3$. Dipakai untuk elemen *non-struktural*. Dibuat dengan cara membuat gelembung udara dalam adukan semen, menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.

b) Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat jenis $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$ menggunakan agregat alam yang dipecah. Perencanaan campuran beton normal harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan harus dibuktikan melalui uji coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

c) Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat jenis lebih besar dari pada beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Beton jenis ini biasanya digunakan

untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya. Menurut PBI 1971, beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga:

a) Beton Kelas I

Beton untuk pekerjaan non-struktural dan dalam pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus beton kelas I di nyatakan dengan Bo

b) Beton kelas II

Beton untuk pekerjaan *struktural* secara umum dan dalam pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar: B1, K125, K175, K225.

c) Beton Kelas III

Beton-beton untuk pekerjaan *struktural* dimana dipakai mutu dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/m². Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf K dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

Bottom Ash (Abu Dasar)

Bottom ash merupakan material yang tidak terbakar dengan sempurna dari pembakaran suatu material, seperti pada pembakaran batu bara [6]-[7]. *Bottom ash* ini diperoleh setelah pembakaran selesai. Biasanya *bottom ash* menempel pada bagian bawah atau dinding dari tungku pembakaran tersebut. Dengan kata lain *bottom ash* adalah limbah dari proses pembakaran batu bara pada PLTU dan mempunyai ukuran partikel lebih besar serta lebih berat dari *fly ash*, sehingga memungkinkan *bottom ash* dapat jatuh ke dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ashhopper*).



Gambar 1. Bottom Ash

Tabel 1. Gradasi *Bottom Ash*

ASTM SIEVE		Weight Retained (gr)	Accumul. Retained (gr)	Accumul. Retained (%)	Passing (%)	Specification SNI.T-15-1990-03	
Inch/No.	mm					min	Max
3/8 "	9.5	0	0	0.0	100.0	100.0	100.0
# 4	4.75	20	1.0	1.0	99.0	90.0	100.0
# 8	2.36	161	8.1	9.2	90.8	60.0	95.0
# 16	1.18	258.22	13.1	22.2	77.8	30.0	70.0
# 30	0.60	590.3	29.9	52.1	47.9	15.0	34.0
# 50	0.30	688	34.8	86.9	13.1	5.0	20.0
# 100	0.15	242	12.2	99.1	0.9	0.0	10.0
PAN		18	0.9	100.0	0.0	0.0	0.0

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan [8]. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$f'c: \frac{P}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton pada umur 28 (mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok [9]. Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan dilaboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara *lateral* sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji. Parameter kuat tarik belah beton secara tepat sulit untuk diukur. Saat pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat tarik belah beton adalah dengan pengujian kuat tarik belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat

belah tarik yang sebenarnya, hasilnya digunakan untuk menentukan nilai kuat belah tarik beton [8]. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan $0,50f_{c'}-0,60f_{c'}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,57f_{c'}$. Kuat tarik belah dapat dihitung berdasarkan persamaan.

$$F_t: \left(\frac{2P}{\pi \cdot L_s \cdot D} \right)$$

Dimana:

F_t = kuat tarik belah beton (N/mm^2)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

D = diameter silinder (mm)

L_s = tinggi silinder (mm)

METODE

Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini dikelompokkan dalam dua jenis data, yaitu [10]-[13]:

a) Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari laboratorium maupun hasil penelitian yang dapat langsung digunakan sebagai sumber acuan [14]-[15].

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dipakai dalam proses penelitian ini. Data sekunder ini didapatkan bukan melalui penelitian secara langsung di lapangan. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini antara lain adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel yang berkaitan dengan *bottom ash* (Abu Dasar Batu Bara) Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah beton [14].

Metode Analisis

Setelah mendapatkan teknik sampling yang sesuai, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah pengujian material yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik atau sifat yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan SOP. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material beton.

a) Pemeriksaan bahan penyusun beton

- 1) Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar

- 2) Pemeriksaan bahan lolos saringan no.200
- 3) Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dan kasar
- 4) Pemeriksaan kadar air pada agregat halus dan agregat kasar
- 5) Analisis *Specific-Gravity* dan Penyerapan Agregat Halus

b) Perencanaan campuran Benda Uji (Mix Design)

Data-data hasil pengujian yang diperoleh, kemudian dilakukan analisis data meliputi sebagai berikut:

1. Analisis terhadap material yang digunakan untuk campuran beton.
2. Analisis terhadap hasil pengujian *slump test* beton dengan dan tanpa tambahan *bottom ash*.
3. Analisis terhadap hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah beton dengan tambahan dan tanpa tambahan *bottom ash*.

Variabel Operasional

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya [16]-[17]. Sesuai dengan judul yang dipilih penulis yaitu (Analisa Tambahan *Bottom ash* Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah beton). Untuk mengetahui kuat tekan dan tarik belah beton maka penulis mengelompokan variabel independen (X) dan variabel dependen (Y). Adapun penjelasannya sebagai berikut, yaitu:

a) Variabel Bebas (Independent Variabel)

Variabel bebas (X) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya *variabel dependen* (terikat) [18]. Dalam penelitian ini variabel independen yang diteliti adalah *mix design*

b) Variabel Terikat (Dependent Variabel)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas [18]. Dalam penelitian ini variabel dependen yang diteliti yaitu penggunaan mutu beton K-250 dengan dan tanpa penambahan *bottom ash*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian agregat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rancangan campuran beton. Pada penelitian ini tambahan limbah batu bara (*Bottom ash*) merupakan bahan tambahan campuran pembentuk beton digunakan empat macam variabel tambahan beton dengan menggunakan analisa pengujian dan perancangan campuran yaitu metode SNI.

Deskripsi Data

Pada deskripsi data ini akan membahas tentang kebutuhan beton yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji silinder serta variabel penambahan *bottom ash*. Pada penelitian ini tambahan limbah diharapkan mampu meningkatkan atau dapat memperbaiki sifat-sifat beton tanpa mengurangi mutu beton itu sendiri.

a) Perhitungan *Mix- Design* Dengan Metode SK.SNI.T-15-1990-03

Penyelsaian :

1. Kuat tekan ($f'c$) = 20,75 Mpa Umur 28 hari = 250 Kg/cm²
2. Data deviasi standar (s) = 45 kg/cm²
3. Kuat tekan rata-rata yang di rencanakan

$$F'_{cr} = f'c + 1,64s = 2501,64$$
4. Jenis semen yang di gunakan semen *PCC* type I merek *Dinamix* (50kg/Zak).
5. Jenis agregat yang di gunakan
 - a) Agregat halus = pasir alami
 - b) Agregat kasar = batu pecah alami
6. Faktor air semen bebas (fas bebas)
 - 1) Nilai kuat tekan pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan sebesar = 323,8 kg/cm²
 - 2) Faktor air semen yang di gunakan: = 0,56 SNI.DT.0008.2007
7. Faktor air semen maksimum

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus dan Kasar

No	Pengujian agregat halus	Hasil Pengujian
1	Berat jenis Kering permukaan (SSD)	2,36
2	Penyerapan	5,67 %
3	Berat volume agregat	1,147gram/cm ³
4	Kadar lumpur agregat halus	17,08 %
5	Kadar air agregat halus	2,86%

No	Pengujian agregat kasar	Hasil Pengujian
1	Berat jenis Kering permukaan (SSD)	2,62
2	Penyerapan	18,50 %
3	Berat volume agregat	1,295gram/cm ³
4	Kadar lumpur agregat kasar	1,29 %
5	Kadar air agregat kasar	0,261 %
6	Keausan agregat kasar	31,40 %

Pengujian Slump Test

Nilai *slump* yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 80 - 120 mm, karena beton yang direncanakan dalam penelitian ini masuk kategori beton mutu sedang [19]. Berdasarkan hasil Pengujian slump test yang dilakukan dilaboratorium bertujuan untuk mengukur kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Campuran beton dikatakan mudah pengerjaannya apabila pekerjaan pada pengecoran, pengangkutan, penempatan dan pemadatan dapat dilakukan dengan mudah. Berikut ini adalah hasil pengujian *slump test* di laboratorium:

Tabel 3. Hasil Pengujian *Slump Test*

No	Variasi Tambahan (%)	<i>Slump</i> (Penurunan) (cm)
1	0	10
2	3	9
3	7	8,5
4	9	7.5

Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

No	SAM PLE	BERAT (Kg)	LOAD (ton)	KUAT TEKAN Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA- RATA (Mpa)
0%	1	11.90	10.70	60.58	6.05	6.22
	2	12.10	10.80	61.14	6.11	
	3	12	11.50	65.11	6.51	
3%	1	12	11.00	62.27	6.22	6.07
	2	12.10	10.50	59.44	5.94	
	3	12.20	10.70	60.58	6.05	
7%	1	12	12.50	70.77	7.07	6.78
	2	12	11.00	62.27	6.22	
	3	12.10	12.50	70.77	7.07	
9%	1	12.20	13.00	73.60	7.36	7.22
	2	12.10	12.80	72.47	7.24	
	3	12.30	12.50	70.77	7.07	

Tabel 5. Nilai Kuat Tarik Belah Umur 7 Hari

No	SA MPE L	BERAT (Kg)	LOAD (ton)	KUAT TARIK Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA- RATA (Mpa)
0%	1	12	14.00	9.91	0.99	0.96
	2	12	15.00	10.62	1.06	
	3	12	12.00	8.49	0.84	
3%	1	12	10.00	7.08	0.70	0.77
	2	12.10	12.00	8.49	0.84	
	3	12.20	11.00	7.78	0.77	
7%	1	12	12.00	8.49	0.84	0.91
	2	12	13.00	9.20	0.92	
	3	12.10	14.00	9.91	0.99	
9%	1	12	13.00	9.20	0.92	0.89
	2	12	12.00	8.49	0.84	
	3	12	14.00	9.20	0.92	

Tabel 6. Nilai Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

No	SA MPL E	BERAT (Kg)	LOAD (ton)	KUAT TEKAN Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA- RATA (Mpa)
0%	1	12	20.00	113.23	11.32	10.84
	2	12	19.00	107.57	10.75	
	3	12	18.50	104.74	10.47	
3%	1	12	20.00	113.23	11.32	11.50
	2	12	21.00	118.89	11.88	
	3	12	20.00	113.23	11.32	
7%	1	12	21.00	118.89	11.88	11.88
	2	12	20.50	116.06	11.60	
	3	12	21.50	121.72	12.17	
9%	1	12.20	20.00	113.23	11.32	11.88
	2	12.10	22.00	124.55	12.45	
	3	12.30	21.00	118.89	11.88	

Tabel 7. Nilai Kuat Tarik Belah Beton Umur 14 Hari

No	SAMPLE	BERAT (Kg)	LOAD (ton)	KUAT TARIK Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA-RATA (Mpa)
0%	1	12	19.00	13.45	1.34	1.34
	2	12	20.00	14.15	1.41	
	3	12	18.00	12.74	1.27	
3%	1	12	16.00	12.32	1.23	1.14
	2	12	16,00	11.32	1.13	
	3	12	15.00	10.62	1.06	
7%	1	12	12.00	10,62	1.06	1.03
	2	12	16.00	11.32	1.13	
	3	12	13.00	9.20	0.92	
9%	1	12.10	14.00	9.91	0.99	1.01
	2	12.10	16.00	10.62	1.06	
	3	12	14.00	9.91	0.99	

Tabel 8. Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	SAMPLE	BERAT (Kg)	LOAD (ton)	KUAT TEKAN Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA-RATA (Mpa)
0%	1	12	47.60	269.49	26.94	25.79
	2	12	41.50	234.96	23.49	
	3	12	47.60	269.49	26.94	
3%	1	12.50	48.80	276.29	27.62	28.85
	2	12.60	51.60	292.14	29.21	
	3	12.70	52.50	297.24	29.72	
7%	1	12.10	48.00	271.76	27.17	27.49
	2	12.20	49.00	277.42	27.74	
	3	12.30	58.70	275.72	27.57	
9%	1	13	53.20	301.20	30.12	29.21
	2	12.70	50.00	283.08	28.30	
	3	13	51.60	292.14	29.21	

Tabel 9. Nilai Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

No	SAMPLE	BERAT (Kg)	LOAD (Ton)	KUAT TARIK Kg/cm ²	DALAM SATUAN (Mpa)	RATA- RATA (Mpa)
0%	1	12.20	34.00	24.06	2.40	2.61
	2	12	38.00	26.89	2.68	
	3	12	39.00	27.60	2.76	
3%	1	12.20	40.00	28.31	2.83	2.87
	2	12.20	42.00	29.72	2.97	
	3	12.30	40.00	28.31	2.83	
7%	1	12.30	38.00	26.89	2.69	2.75
	2	12.50	39.60	28.03	2.80	
	3	12.20	39.00	27.60	2.76	
9%	1	12.40	41.00	29.02	2.90	2.95
	2	12.50	42.00	30.01	3.00	
	3	12.30	42.00	29.72	2.97	

Pembahasan

Analisis dan korelasi hasil penelitian terhadap aplikasi pekerjaan di lapangan. Dari hasil penelitian dilaboratorium yang sudah dilakukan didapat data hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton sebagai berikut:

1. Data Hasil Pengujian Kuat tarik belah umur 28 hari
 - a) 0% bottom ash memiliki nilai kuat tarik belah 2.61 Mpa
 - b) 3% bottom ash memiliki nilai kuat tarik belah 2.87 Mpa
 - c) 7% bottom ash memiliki nilai kuat tarik belah 2.75 Mpa
 - d) 9% bottom ash memiliki nilai kuat tarik belah 2.95 Mpa
2. Data hasil pengujian sampel beton umur 28 hari
 - a) 0% bottom ash memiliki nilai kuat tekan 25.79 Mpa
 - b) 3% bottom ash memiliki nilai kuat tekan 28.85 Mpa.
 - c) 7% bottom ash memiliki nilai kuat tekan 27.49 Mpa
 - d) 9% bottom ash memiliki nilai kuat tekan 29.21 Mpa

Dari data diatas menunjukkan beton mengalami kenaikan nilai kuat tekanya sebesar 11% pada variasai tambahan 3%, dan beton justru mengalami penurunan 5% pada penambah bottom ash 7% dan beton mengalami peningkatan 6% nilai kuat tekanya pada variasi tambahan 9% sebesar 29.91 Mpa.

- a) Penggunaan limbah *bottom ash* pada presentase 7% mengalami penurunan pada pengujian umur 28 hari faktor penyebab menurunnya mutu beton itu sendiri dikarenakan kotoran dan partikel lainnya yang tidak dibersihkan dan mengakibatkan menurunnya nilai kuat beton sebagaimana diterangkan bahwa kekerasan bahan pengisi mempengaruhi kekerasan beton oleh sebab itu material yang banyak mengandung lumpur /debu harus dihindarkan karena lumpur/debu adalah butir butir yang dapat merusak mutu beton.
- b) dari hasil penelitian ini, presentase tambahan limbah *bottom ash* yang disarankan oleh peneliti adalah variasi tambahan 9% karena pada setiap pengujian variasi tersebut memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dari beton normal dan beton variasi yang lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dilaboratorium dapat disimpulkan bahwa: 1) pada umur 28 hari, beton dengan tambahan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton, karena berdasarkan nilai rata-rata kuat tekan dan kuat tarik belah, beton dengan tambahan *bottom ash* memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal; 2) hasil rata-rata pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa beton dengan 0% tambahan *bottom ash* memiliki kuat tekan sebesar 25.79 Mpa, sedangkan untuk 3% tambahan *bottom ash* beton memiliki kekuatan sebesar 28.85 Mpa untuk variasi tambahan 7% *bottom ash* beton mengalami penurunan nilai kuat tekannya. Berdasarkan data hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa variasi tambahan yang ideal untuk beton mutu K-250 dalam penelitian ini adalah 9% dengan nilai 29.21 Mpa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya sampaikan terima kasih kepada para reviewer penelitian ini serta support materil dan non materil dari Universitas Muhammadiyah Metro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistyowati, N. A., “Bata Beton Berlubang Dari Abu Batubara (Fly Ash Dan Bottom Ash) Yang Ramah Lingkungan”, *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 15(1), 87–96, 2013. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v15i1.7117>
- [2] Tanubrata, M., “Bahan-Bahan Konstruksi dalam Konteks Teknik Sipil”, *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 132–154, 2019. <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1407>
- [3] Rr. Mekar Ageng Kinasti, & Notodisuryo, D. N., “PEMANFAATAN LIMBAH

- PEMBAKARAN BATUBARA (BOTTOM ASH) PADA PLTU SURALAYA SEBAGAI MEDIA TANAM DALAM UPAYA MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN”, *Jurnal Kilat*, 6(2), 81–162, 2017.
- [4] Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S., “Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton”, *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321, 2015.
- [5] Ing, T. L., Simatupang, R., & Setiawan, D., “PENGARUH PENGGUNAAN PS BALL TERHADAP BALOK BETON BERTULANG DENGAN PEMBEBANAN MONOTONIK DAN PEMBEBANAN SIKLIK”, *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 99–181, 2016.
- [6] Darwis, Z., Soelarso, & Hidayat, T., “Pemanfaatan limbah bottom ash sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton”, *JURNAL FONDASI*, 4(1), 52–57, 2015.
- [7] Gunawan, B., & Slamet, S., “Pembuatan Biobriket Dari Limbah Bottom Ash P L T U Dengan Biomassa Cangkang Kopi”, *Simetris : Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 6(2), 289, 2015. <https://doi.org/10.24176/simet.v6i2.464>
- [8] Prasetyo, L., Maksimasi kuat tekan beton. *Teknik Industri*, 11(1), 42–49, 2010.
- [9] Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M., “Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen”, *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231, 2016.
- [10] Miles, M., Huberman, M., & Saldana, J., “*Qualitative Data Analysis* (H. Salmon (ed.); 3rd ed.)”, 2014, SAGE Publication. <https://doi.org/10.1080/0140528790010406>
- [11] Miles, M. B., & Huberman, A. M., “Qualitative data analysis”, 1994, In *Sage*. <https://doi.org/10.1136/ebnurs.2011.100352>
- [12] Mohajan, H., “Research Methodology”, *Munich Personal RePEc Archive*, 83457, 2017.
- [13] Myers, M., “Chapter 3 research methodology. *MIS Quarterly*”, 21(2), 241–242, 1991. <https://doi.org/arXiv:physics/0601009v3>
- [14] Apriyanto, S., Dalman, & Anum, A., “A retrospective study of cyberbullying on social networking”, *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(6), 137–144, 2020. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I6/PR260011>
- [15] Triana, Y., Sari, I. F., & Apriyanto, S., “Language features and causes of suicide case from forensic linguistics point of view”, *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(6), 7955–7966, 2020.
- [16] Indrawati, Y., “Kinerja Guru Matematika Dalam Pelaksanaan Kurikulum Berbasis

- Kompetensi (Kbk) Pada Sekolah Menengah Atas Kota Palembang”, *Manajemen & Bisnis Sriwijaya*, 4(7), 8, 2006.
- [17] Maria, A., “Psikologi dan Teknik Informasi”, 2016, In S. A. Utama (Ed.), *Seri Sumbangan Pemikiran Psikologi Untuk Bangsa*. HIMPSI.
- [18] Christalisana, C., “Pengaruh Pengalaman Dan Karakter Sumber Daya Manusia Konsultan Manajemen Konstruksi Terhadap Kualitas Pekerjaan Pada Proyek Di Kabupaten Pandeglang”, *Jurnal Fondasi*, 7(1), 87–98, 2018.
- [19] Rahmat, Hendriyani, I., & Anwar, M. S., “ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH REDUCED WATER DAN ACCELERATED ADMIXTURE”, *INFO TEKNIK*, 17(2), 205–218, 2016.