PENAMBAHAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL SEMEN TERHADAP KINERJA BETON

Anita Intan Nura Diana[1)], Subaidillah Fansuri[1)], dan Dwi Deshariyanto[1)]

1) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wiraraja, Sumenep, Jawa Timur

anita@wiraraja.ac.id

ABSTRACT

Bamboo leaf ash has reactive properties that can react to hard and stiff materials. Based on research, through burning for 2 hours bamboo leaf ash has 75.9% silica. Based on the background, the purpose of this study is to determine the effect of bamboo ash as a mixture of cement on the performance of concrete. The method used in this research is the experimental method. Experiments were carried out on normal concrete with K 240 concrete quality which the variation of bamboo leaf ash is 0%, 3%, 5%, and 7% from the cement mixture and compressive strength test with a sample of 3 cube-shaped specimens measuring 15 x 15 x 15 cm at the age of 14 days. The data analysis technique used is linear regression using SPSS software. The results show the compressive strength value which is influenced by the variation of the mixture of bamboo leaf ash is Y = 13.871 + 0.419 X where x is the variation of the mixture and y is the compressive strength value of concrete. The value of t-test = 2.504 > t-table = 1.812 indicates a significant influence between the addition of variations in the mixture of bamboo leaf ash to compressive strength. The optimum variation was found in the proportion of bamboo ash mixture of 5% and 7%.

Keywords: cement, concrete, concrete compressive strength, waste ash bamboo leaves

ABSTRAK

Abu daun bambu mempunyai sifat reaktif yang dapat bereaksi menjadi bahan keras dan kaku. Berdasarkan penelitian, melalui pembakaran selama 2 jam abu daun bambu memiliki silika 75.9 %. Berdasarkan latar belakang, tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh abu daun bambu sebagai campuran semen terhadap kinerja beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperiman dilakukan terhadap beton normal dengan mutu beton K 240 yang diberi abu daun bambu dengan variasi 0%, 3%, 5%, dan 7% dari campuran semen serta di uji kuat tekan dengan sampel 3 benda uji berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm pada umur 14 hari. Teknik analisa data yang digunakan adalah regresi linier dengan menggunakan software SPSS. Hasil menunjukkan nilai kuat tekan yang dipengaruhi oleh variasi campuran abu daun bambu adalah Y = 13.871 + 0.419 X dimana x adalah variasi campuran dan y adalah nilai kuat tekan beton. Nilai t-hitung = 2.504 > t-tabel = 1.812 mengindikasikan ada pengaruh yang signifikan antara penambahan variasi campuran abu daun bambu terhadap kuat tekan. Variasi optimum terdapat pada proporsi campuran abu daun bambu 5% dan 7%.

Kata kunci: semen, beton, kuat tekan beton, limbah abu daun bambu

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dan materialnya, selain itu Indonesia mempunyai jumlah populasi dan penduduk yang banyak sehingga membutuhkan fasilitas umum. Salah satu cara untuk memajukan kesejahteraan Indonesia yaitu dengan pembangunan insfrastruktur. Pembangunan insfrastruktur saat ini menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, diantaranya dalam pembangunanan perumahan, perkantoran, rumah sakit, dan sebagainya. Beton sebagai bahan bangunan yang pasti digunakan dan diterapkan secara luas oleh masyarakat. Beberapa keuntungan yang dimiliki oleh material beton adalah memiliki kekuatan tekan yang baik, tahan api, dan tahan terhadap cuaca. Salah satu Kabupaten yang ada di Indonesia adalah Kabupaten Sumenep. Lokasinya berada paling ujung di Pulau Madura. Kabupaten Sumenep menyimpan banyak kekayaan sumber daya material diantaranya tempat penambangan kerikil lokal dibeberapa desa (Desa Batuan, Desa Batu Putih, Desa Duko, Desa Ellak Daya, dan Desa Dasuk), tempat penambangan batu gamping, dan sebagainya. Penelitian tentang kerikil lokal sudah pernah dilakukan oleh Fansuri & Diana pada tahun 2018. Dari beberapa tempat penambangan kerikil lokal yang ada di Kabupaten Sumenep. Desa Duko, Rubaru memiliki nilai pengujian mendekati standar kualitas bahan yang baik.

Bahan komposisi penyusun beton yang sering digunakan adalah semen sebagai bahan pengikat, agregat kasar, agregat halus (sebagai bahan pengisi) dan air. Beberapa penelitian telah banyak dilakukan untuk mensubstitusi material komposisi beton atau material bahan bangunan lainnya misalnya penelitian yang dilakukan oleh Fansuri et al. (2020) tentang penggunaan campuran serbuk kerang sebagai bahan tambah semen dalam pembuatan beton, penelitian Diana & Fansuri (2020) tentang pengaruh penambahan limbah botol plastik dan fly ash dalam pembuatan conblock/paving block, Diana & Fansuri (2019) juga melakukan penelitian paving blok menggunakan bahan tambah limbah las gas. Semua penelitian diatas tidak lain bertujuan untuk mencari bahan material pengganti yang memiliki potensi untuk mengurangi material yang sudah tersedia dialam. Kita tahu bahwa semakin banyaknya penambangan liar untuk agregat kasar dan halus, justru akan menimbulkan masalah baru terhadap lingkungan. Hal inilah yang menjadi fokus dari roadmap penelitian.

Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu daun bambu sebagai campuran semen terhadap kinerja beton. Tanaman bambu memiliki banyak kegunaan diantaranya sebagai bahan bangunan terutama di daerah tropis dan sub tropis. Dari segi manfaat, bambu tidak hanya pada batangnya saja tapi juga pada daun bambu, namun masyarakat tidak banyak tahu manfaat daun bambu yang di bakar. Dengan proses pembakaran tersebut abu daun bambu memiliki manfaat yang mengandung silika (SiO2) yang mempunyai sifat reaktif yang dapat bereaksi menjadi bahan yang keras dan kaku. Maka dari itu, hasil dari pembakaran daun bambu dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Dipilihnya abu daun bambu sebagai substitusi pada sebagian semen pada penelitian ini adalah berdasarkan penilitan yang dilakukan oleh Dwivedi et al. (2006) yang menyebutkan bahwa abu daun bambu memiliki sifat pozzoland. Amu & Adetuberu (2010) juga menyebutkan dengan pembakaran daun abu bambu pada suhu 600^{O}C selama 2 jam menghasilkan silika sebesar 75.9%. Berikut ini merupakan merupakan foto daun bambu yang tidak termanfaatkan di Kabupaten Sumenep.

Gambar 1. Limbah Daun Bambu

2 KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia untuk pengujian bahan dan pembuatan campuran beton.

2.1 Susunan Gradasi

Susunan gradasi agregat halus yang digunakan harus sesuai SNI 03-1968-1990, sedangkan untuk gradasi agregat kasar harus memenuhi SNI-03-2834-2000.

Tabel 1. Batas Gradasi Pasir

Lubang (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Kasar	Agak Kasar	Halus	Agak Halus
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Anonim, 2000

Tabel 2. Batas Gradasi Kerikil

Lubang (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan Besar Butir Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
75	100		
37,5	95-100	100	
19	35-70	95-100	100
9,5	10-40	30-60	50-85
4,75	0-5	0-10	0-10

Sumber: Anonim, 2000

2.2 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Tujuan perencaan cmpuran beton adalah untuk mengetahui komposisi bahan material beton yang akan digunakan sehingga memenuhi kualitas beton sesuai syarat yang ditentukan.

2.3 Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan benda uji dilakukan setelah perencanaan campuran beton telah diketahui. Dalam pembuatan benda uji dianjurkan untuk melakukan :

2.3.1 Pengujian slump

Pengujian slump sesuai dengan SNI 1972-2008, pengujian slum bertujuan untuk mengetahui kesesuai nilai slum dengan syarat yang ditentukan pada perhitungan campuran beton. Nilai slump akan mempengaruhi kemudahan dalam pembuatan benda uji beton. Semakin tinggi nilai slump, maka kadar air akan semakin banyak, hal inilah yang menyebabkan semakin mudahnya proses pembuatan beton (Anonim, 2008).

2.3.2 Perawatan benda uji (*curing*)

Perawatan (*curing*) beton bertujuan untuk menjaga kelembaban dan suhu beton supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, segera setelah proses *finishing* beton selesai. Perawatan (*curing*) beton memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak. Perawatan (*curing*) beton harus dilakukan segera setelah pembukaan cetakan, selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. SNI 03-2847-2002 mensyaratkan acuan pelaksanaan *curing*/perawatan beton untuk menjaga dan menjamin mutu pelaksanaan pembetonan:

1. 7 (tujuh) hari untuk beton normal
2. 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi

2.4 Pengujian Kekuatan Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan beton dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(fci) = \frac{P}{AxK} \quad \text{..... (1)}$$

dimana:

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

K = Konversi umur beton

2.5 Regresi Linier

Perhitungan regresi linier dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS. Regresi linier digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel X (mempengaruhi) terhadap variabel Y (dipengaruhi).

Persamaan Regresi Linear dari Y terhadap X

$Y = a + bx$ ..... (2)

dimana:

Y = variabel terikat

x = variabel bebas

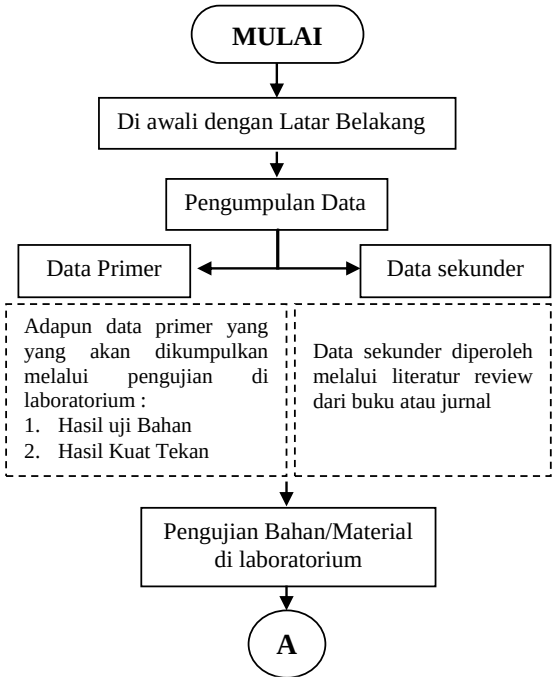
a = intersep / konstanta

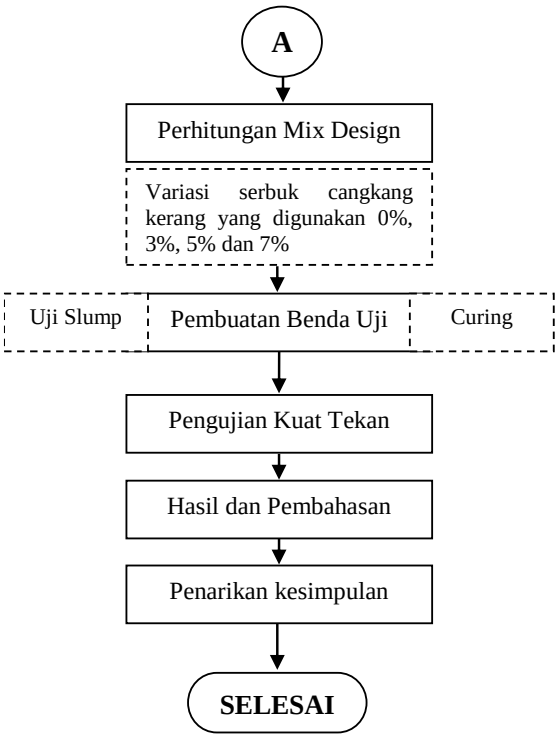
b = koefisien regresi / slop

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sebuah eksperimen beton normal dengan mutu beton K 240 yang diberi abu daun bambu dengan variasi 0%, 3%, 5%, dan 7% dari campuran semen kuat tekannya menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 pada umur 14 hari. Pemilihan variasi ini dipilih berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Budiwati et al. (2015). Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%. Kuat tekan yang diperoleh menunjukan semakin banyak abu bambu maka, kuat tekannya semakin menurun. Oleh karena itu, peneliti mencoba untuk menurunkan proporsi variasi abu daun bambu.

Lokasi penelitian ini adalah Laboratorium Teknik Sipil Universitas Wiraraja Sumenep. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah 3 buah untuk masing-masing variasi, sehinggal total benda uji adalah 12 buah. Berikut ini merupakan diagram alir penelitian ini.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Bahan Material

Pengujian bahan material dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat material yang digunakan apakah sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengujian dilakukan terhadap agregat kasar lokal Kab. Sumenep dan agregat halus. Berikut ini adalah hasil pengujian bahan yang telah dilakukan di laboratorium.

Tabel 3. Pengujian Kadar Air Pasir

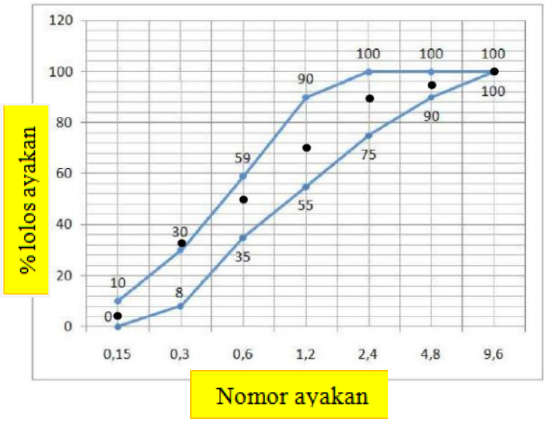
PERCOBAAN NOMOR	1
Berat pasir asli (w_1)	1000 gram
Berat pasir oven (w_2)	978.8 gram
Kelembapan pasir(w_1 -w_2)/ w_2 x100%	2.16 %

Kadar air pada pasir sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang terkandung dalam pasir. Semakin besar selisih antara berat pasir semula dengan berat pasir setelah di oven maka semakin banyak pula air yang dikandung oleh agregat tersebut. Akan tetapi bila berat kering oven besar maka kadar air akan semakin kecil. Dari pengujian ini kita mendapatkan nilai kadar air untuk pasir rata-rata sebesar 2.16 %.

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis Pasir

PERCOBAAN NOMOR	1
Berat labu + pasir + air (W_1)	1019 gram
Berat pasir SSD (500 gr)	500 gram
Berat Labu + air (W_2)	707 gram
Berat pasir kering oven (W_3)	495 gram
Berat jenis kering W_3/ (W_2 + 500 - W_1)	2.63
Berat Jenis SSD 500/ (W_2 + 500 - W_1)	2.65
Berat Jenis Semu W_3/ (W_2 + W_3 - W_1)	2.70
Penyerapan ((500- W_3)/500) x 100 %	1%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui berat jenis pasi dalam kondisi SSD sebesar 2.65 dan penyerapan pasir sebesar 1%.



Gambar 3. Gradasi Pasir Zona 2

Berdasarkan hasil percobaan analisa ayakan dan hasil perhitungan, maka didapat hubungan antara % lolos kumulatif dengan nomor ayakan. Selain itu didapat pula penempatan zona pasir dalam penelitian ini berada pada gradasi di zona 2.

Tabel 5. Pengujian Kadar Air Kerikil

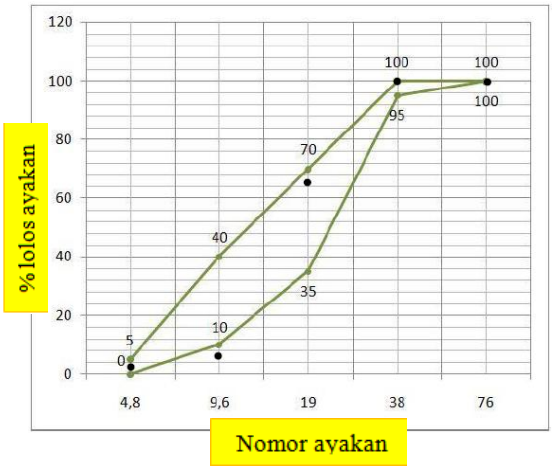
PERCOBAAN NOMOR	1
Berat kerikilasli (w_1)	1000 gram
Berat kerikil oven (w_2)	987.2 gram
Kelembapan kerikil $(w_1 - w_2)/ w_2 \times 100\%$	1.3 %

Kelembapan kerikil sangat di pengaruhi oleh selisih antara berat kerikil dengan berat kerikil ovem. Semakin besar selisihnya maka kelembapannya semakin besar pula. Dari pengujian ini kita mendapatkan nilai kelembapan kerikil rata – rata sebesar 1.3 %.

Tabel 6. Pengujian Berat Jenis Kerikil

PERCOBAAN NOMOR	1
Berat benda uji kering permukaan jenuh(W_1)	500 gram
Berat ember dalam air (W_2)	623 gram
Berat ember + benda uji dalam air (W_3)	930 gram
Berat pasir kering oven (W_4)	601.2 gram
Berat jenis kering = $W_4 / (W_2 + W_1 - W_3)$	2.55
Berat Jenis SSD $W_1 / (W_2 + W_1 - W_3)$	2.59
Berat Jenis Semu $W_4 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2.67
Penyerapan $((W_1 - W_4)/ W_4) \times 100\ \%$	1.8 %

Dari hasil penelitian di peroleh berat jenis kering 2.55, berat jenis SSD 2.59, berat jenis semu 2.67, penyerapan 1.8 %.



Gambar 4. Gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm

Berdasarkan hasil percobaan analisa ayakan dan hasil perhitungan, maka didapat hubungan antara % lolos kumulatif dengan nomor saringan. Selain itu didapat pula penempatan zona batu pecah. Dari

percobaan ini, batu pecah yang kami uji merupakan batu pecah dengan gradasi di batu pecah ukuran maksimum 40 mm.

4.2 Perhitungan Komposisi Beton

Proporsi bahan campuran beton untuk semua benda uji dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Proporsi Campuran

Proporsi	Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)
Tiap m^3	325	195	783.3	1865
Koreksi campuran	325	194.73	783.42	1865.15
Tiap 0.0186 m^3x 5 bu +10%	6.045	3.621	14.571	34.691

Proporsi campuran beton berdasarkan hasil perhitungan *mix design* diperoleh proporsi semen 6.045 kg, Air 3.621 kg, Agregat halus 14.571 kg, Agregat kasar 34.691 kg.

4.3 Pengujian Nilai Slump

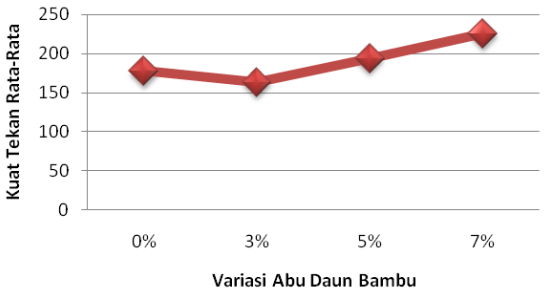
Percobaan nilai slump dilakukan untuk memastikan campuran dilaksanakan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan saat perhitungan perencanaan komposisi. Data pengujian slump untuk masing-masing variasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata hasil pengujian nilai slump adalah 10.5 cm.

Tabel 8. Data Pengujian Slump

Variasi Penambahan Abu	Slump (cm
0%	12
3%	10
5%	10
7%	10
Rata-rata	10.5

4.4 Pengujian Nilai Kuat Tekan

Hasil kuat tekan beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 9, sedangkan hubungan variasi penambahan abu daun bambu dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan & Variasi Abu Daun Bambu

Tabel 9 dan Gambar 5 menunjukan bahwa nilai kuat tekan karakteristik semakin meningkat dengan penambahan persentase abu daun bambu. Untuk lebih meyakinkan pengaruh antara penambahan variasi abu daun bambu terhadap kuat tekan, maka digunakan analisa regresi linier sederhana. Variabel yang akan diteliti terdiri atas variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Variabel X yaitu variasi abu daun, sedangkan variabel Y yaitu kuat tekan beton.

Tabel 9. Data Kuat Tekan Beton

Variasi	Tanggal Buat	Tanggal Uji	Berat (Kg)	Umur (Hari)	Tek. Hancur (kN)	Teg. Hancur (N/mm2)	F'c	Konversi Kubus (K)
0%, 1	14/05/19	21/05/19	8.040	5	2	14.62		
0%, 2	14/05/19	21/05/19	7.994	5	2	14.62	14.72	177.35
0%, 3	14/05/19	21/05/19	8.165	5	2	14.94		
3%, 1	15/05/19	22/05/19	8.156	5	2	13.99		
3%, 2	15/05/19	22/05/19	7.979	5	2	13.67	13.56	163.37
3%, 2	15/05/19	22/05/19	7.996	5	2	13.03		
5%, 1	16/05/19	23/05/19	8.105	5	2	14.60		
5%, 2	16/05/19	23/05/19	8.224	5	2	15.90	16.10	193.96
5%, 3	16/05/19	23/05/19	8.147	5	2	17.80		
7%, 1	18/05/19	25/05/19	8.130	5	2	16.21	18.70	225.30
7%, 2	18/05/19	25/05/19	8.283	5	2	16.53		
7%, 3	18/05/19	25/05/19	8.269	5	3	19.39		

Tabel 10. Coefficients Output SPSS

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	13.871	.762		18.212	.000	12.174	15.568
	ABU DAUN BAMBU	.419	.167	.621	2.504	.031	.046	.791

a. Dependent Variable: KUAT TEKAN

4.5 Analisis Regresi Linier

Berdasarkan analisis regresi linier yang dilakukan menggunakan aplikasi SPSS, diketahui persamaan regresi linier sebagai berikut:

$$Y = 13.871 + 0.419 X$$

Notasi Y adalah nilai kuat tekan dan X adalah variasi campuran abu daun bambu. Berdasarkan persamaan tersebut dapat dianalisis beberapa hal yaitu bila variasi campuran abu daun bambu (X = 0,4), maka dapat diperkirakan mampu mencapai nilai kuat tekan 13.871 + 0.419 (1) = 14.29 Mpa, sedangkan koefisien regresi b = 0.419 mengindikasikan besaran penambahan nilai kuat tekan untuk setiap penambahan variasi cmpuran abu daun bambu.

Persamaan diatas dapat digunakan sebagai dasar memperkirakan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh variasi campuran abu daun bambu. Namun, hal tersebut masih harus diuji untuk memastikan kevalidan persamaan regresi. Uji kevalidan dapat digunakaan berdasarkan uji-t dan berdasarkan teknik probabilitas.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penambahan limbah abu daun bambu dari variasi campuran 0%, 3%, 5%, 7%, ada pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Artinya variasi campuran abu daun bambu yang digunakan mempunyai pengaruh yang simultan terhadap kuat tekan beton. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil analisis data dengan menggunakan program SPSS yang menunjukan bahwa nilai t-hitung = 2.504 > t-tabel = 1.812, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan variasi campuran abu daun bambu terhadap nilai kuat tekan beton. Selain nilai spss, pengaruh variasi abu daun bambu dan kuat tekan juga ditunjukan dengan menggunakan gambar pada grafik 5.

Dari hasil analisa yang di lakukan variasi abu daun bambu yang mempunyai pengaruh tehadap kuat tekan beton yaitu variasi campuran 5% dan 7% walaupun nilai ini masih tidak optimal, dikarenakan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat lokal kabupaten sumenep dengan tujuan keberlanjutan sumber daya material lokal.

5.2 Saran

Kesalahan yang terjadi dalam pengujian sangat wajar, namun setiap hasil pengujian harus dilaporkan apa adanya, ketelitian dan kehati-hatian dalam pengujian sangatlah penting agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggung jawabkan.

Limbah abu daun bambu sebaiknya diproses sampai halus agar memperoleh hasil yang maksimal.

Pengujian beton hendaknya menjadi satu rangkaian dengan pengujian bahan karena hasil yang akan didapat akan lebih akurat dan dapat dibandingkan dengan jelas. Jika pengujian dilaksanakan terpisah, maka perencanaan komposisi yang telah dilakukan tidak lagi dapat menjadi tolak ukur yang sesuai dengan benda uji yang telah dibuat.

Hasil penelitian kali ini masih jauh dari kata optimal dikarenakan agregat yang digunakan khususnya agregat kasar, masih menggunakan agregat lokal Kabupaten Sumenep dengan tujuan keberlanjutan

sumber daya materail lokal. Penelitian selanjutnya bisa ditambahkan bahan tambah kimia atau material tambahan lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

6 DAFTAR PUSTAKA

Amu, O., & Adetuberu, A. (2010). Characteristics of Bamboo Leaf Ash Stabilization on Lateritic Soil in Highway Construction. *International Journal of Engineering and Technology. Obafemi Awolowo University*, *2*(4), 212–219.

Anonim. (2000). *Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2008). *Cara Uji Slump Beton*. Badung: Badan Standarisasi Nasional.

Budiwati, I. A., Sudarsana, I. K., & Mesi, D. A. (2015). Pemanfaatan abu daun bambu dalam pembuatan beton ringan. *Seminar Nasional Teknik Sipil 1 (SeNaTS 1)*, 135–142. Denpasar: Universitas Udayana.

Diana, A. I., & Fansuri, S. (2019). Perbanding Kuat Tekan Paving Menggunakan Bahan Beton Menurut SNI dengan Bahan Campuran Limbah Las Gas. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 57–62.

Diana, A. I., & Fansuri, S. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik dan Variasi Fly Ash terhadap Penyerapan Paving Blok Ramah Lingkungan. *Rekayasa*, 55–60.

Dwivedi, V. N., Singh, N. P., Das, S. S., & Singh, N. B. (2006). A new pozzolanic material for cement industry: Bamboo leaf ash. *International Journal of Physical Science*, *1*(3), 106–111.

Fansuri, S., & Diana, A. I. (2018). Karakteristik Komoditas Batu Kerikil dan Pasir Hitam Untuk Bahan Bangunan di Kabupaten Sumenep. *National Conference on Mathematics, Science and Education (NACOMSE)*, 9–18. Pamekasan: Universitas Islam Madura.

Fansuri, S., Diana, A. I., & Deshariyanto, D. (2020). Penggunaan Campuran Serbuk Kerang Lokal Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*.