

PENGARUH PENGGUNAAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON SEBAGAI PENDUKUNG BAHAN AJAR MATA KULIAH TEKNOLOGI BETON

Aji Firmansyah¹, Anisah², Santoso Sri Handoyo³

^{1,2,3}Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka Raya No. 11, DKI Jakarta, 13220, Indonesia

Email: firmansyahaji06@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton di mana penggunaan semen diganti sebagian oleh abu daun bambu dengan target kuat tekan 25 MPa pada umur beton 28 hari dengan menggunakan faktor air semen (FAS) 0,5 dan kadar persentase abu daun bambu yang digunakan sebesar 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat semen. Abu daun bambu yang digunakan berasal dari bambu jenis Andong. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 sampel pada tiap kadar persentase abu daun bambu. Rancangan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa abu daun bambu dapat meningkatkan kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton kontrol pada penelitian ini walau dalam peningkatannya yang tidak terlalu besar. Kuat tekan beton umur 28 hari pada kadar persentase abu daun bambu 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% secara berturut-turut adalah 16,448 MPa ; 18,768 MPa ; 18,297 MPa ; 14,958 MPa ; dan 12,827 MPa.

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

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the compressive strength of concrete using bamboo leaf ash as a partial replacement of cement with a target compressive strength of 25 MPa at the age of 28 days with the use of water cement factor (FAS) 0,5 and variation percentage levels of bamboo leaf ash that be used are 0%, 5%, 7%, 9%, and 11% of the total weight of cement. The bamboo leaf ash used comes from Andong bamboo species. In this study use the experimental method with cylindrical specimens with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm as many as 3 samples in each percentage level of bamboo leaf ash. Concrete mix design refers to SNI 03-2834-2000. The results obtained indicate that bamboo leaf ash can increase the compressive strength of concrete when compared to the control concrete in this study even though the increase is not too large. The compressive strength of concrete at the age of 28 days at 0%, 5%, 7%, 9%, and 11% percentages levels of bamboo leaf ash were 16,448 MPa ; 18,768 MPa ; 18,297 MPa ; 14,958 MPa ; dan 12,827 MPa.

Keywords: concrete, bamboo leaf ash, compressive strength of concrete

PENDAHULUAN

Tanaman bambu banyak tumbuh di Indonesia, kurang lebih ada 75 jenis bambu (Artiningsih, 2012). Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat produksi hasil hutan non kayu Indonesia menurut jenisnya, yaitu bambu pada tahun 2017 sampai 2020 sebanyak 63.596.999,33 batang atau rata-rata produksi per tahun sebanyak 15.899.249,83 batang. Dengan jumlah tersebut, pastilah banyak daun bambu yang berguguran. Daun bambu yang gugur ke tanah terkadang hanya digunakan sebagai pupuk dan tak jarang dianggap sebagai sampah oleh masyarakat, hal tersebut sangat disayangkan karena daun bambu yang gugur tersebut jika dibakar lalu menjadi abu, terdapat senyawa yang dapat digunakan, yaitu *silika* (Saputra *et al*, 2017).

Dewasa ini, beberapa inovasi dalam pembuatan beton sudah banyak dikembangkan, salah satunya adalah pemanfaatan limbah dan bahan lainnya sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti pada campuran beton yang diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap kualitas beton. Dengan pemanfaatan limbah sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti juga dapat mengurangi biaya pada saat produksi beton dengan kualitas yang baik.

Beton merupakan salah satu material untuk konstruksi bangunan yang terdiri dari beberapa campuran, diantaranya semen, agregat kasar, agregat halus, dan air serta bahan tambah apabila diperlukan dengan proporsi campuran tertentu yang bersifat plastis pada saat awal dibuat lalu secara perlahan akan mengeras (SNI 2493-2011). Semen yang digunakan dalam beton merupakan perekat non-organik yang terdiri dari batu kapur, lempung, dan tanah liat. Bahan semen tersebut merupakan sumber daya alam yang tak terbarukan dan di sisi lain, proses pembuatan semen membutuhkan banyak energi dan juga turut berkontribusi dalam perubahan iklim yang signifikan (Devi *et al*, 2017). (Potgieter, 2012)

menjelaskan bahwa sekitar 5%-6% dari seluruh gas rumah kaca karbon dioksida yang dihasilkan oleh aktivitas manusia berasal dari produksi semen.

Bahan alternatif yang sedang diteliti oleh para ahli dalam mengurangi penggunaan semen salah satunya adalah abu daun bambu. Abu daun bambu atau yang di kenal dunia dengan nama *Bamboo Leaf Ash* (BLA) merupakan abu yang berasal dari pembakaran daun tanaman bambu pada suatu suhu dan waktu. Pada penelitian ini daun bambu yang digunakan berjenis Andong yang berasal dari Hutan Kota Sangga Buana yang terletak di Lebak Bulus, Jakarta Selatan. Sebelum digunakan pada campuran beton, daun bambu yang sudah dicuci dan dikeringkan kemudian dibakar pada udara terbuka lalu dikalsinasi di oven pembakaran dengan suhu 650°C dengan waktu retensi 2 jam. Alasan dipilihnya bambu jenis Andong karena jumlahnya yang lebih banyak dari jenis bambu lain dan juga setelah dilakukan uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) didapatkan kandungan *Silika Oksida* (SiO₂) sebesar 92,78%.

Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk alternatif lain dalam pemanfaatan limbah daun bambu yang biasanya hanya digunakan sebagai kompos dan juga sebagai pendukung bahan ajar mata kuliah Teknologi Beton berupa *mix design* yang dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat *mix design* dan juga *jobsheet* yang dapat dipergunakan sebagai pedoman dalam proses pembuatan beton dengan menggunakan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen. Pengembangan beton normal dengan menggunakan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen perlu dikenalkan di dalam perkuliahan khususnya pada mata kuliah Teknologi Beton. Mata kuliah Teknologi Beton merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS), mata kuliah Teknologi Beton mempunyai beberapa pokok bahasan yang

Pengaruh Penggunaan Abu... (Aji/ hal. 9-17)

dibagi ke dalam 12 pertemuan perkuliahan diantaranya mengenai : 1) RPS dan wawasan beton, 2) Sifat-sifat semen bahan penyusun beton, 3) Sifat-sifat agregat bahan penyusun beton, 4) Sifat-sifat air campuran bahan penyusun beton, 5) Sifat-sifat bahan kimia pembantu beton, 6) Sifat-sifat bahan mineral pembantu pada beton, 7) Beton segar, 8) Pengecoran beton, 9) Beton keras, 10) Pengujian dan evaluasi kekuatan, 11) *Mix design* dan kontrol kualitas, dan 12) Perkembangan beton. Tujuan pembelajaran Teknologi Beton di Kampus adalah untuk menguasai standar kompetensi yang telah ditetapkan (Anshory *et al*, 2015).

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan benda uji, yaitu beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dibuat dengan mengganti sebagian semen dengan abu daun bambu dengan kadar persentase penggunaan sebesar 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat semen dengan masing-masing kadar persentase berjumlah 3 buah benda uji.

Tabel 1. Rencana Jumlah Benda Uji

Jenis Pengujian	Ukuran Benda Uji	Abu Daun Bambu	Jumlah Beton Umur 28 Hari
Kuat Tekan	Silinder 15 cm x 30 cm	0%	3
		5%	3
		7%	3
		9%	3
		11%	3
Total Benda Uji			15

Perencanaan proporsi campuran beton pada penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000 di mana kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 MPa dengan nilai faktor air semen sebesar 0,5.

Tabel 2. Proporsi Bahan Penyusun Beton per m³

Bahan Penyusun	Jumlah (kg)
Semen	370
Agregat Halus	667,01
Agregat Kasar	1147,99
Air	185

Tabel 3. Proporsi Bahan Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji

Persentase Abu Daun Bambu	Abu Daun Bambu (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat		Total
				Halus (kg)	Kasar (kg)	
0%	0	5,883	2,941	10,605	18,253	37,682
5%	0,294	5,589	2,941	10,605	18,253	37,682
7%	0,412	5,471	2,941	10,605	18,253	37,682
9%	0,529	5,354	2,941	10,605	18,253	37,682
11%	0,647	5,236	2,941	10,605	18,253	37,682
Total	1,882	27,533	14,705	53,025	91,265	188,41

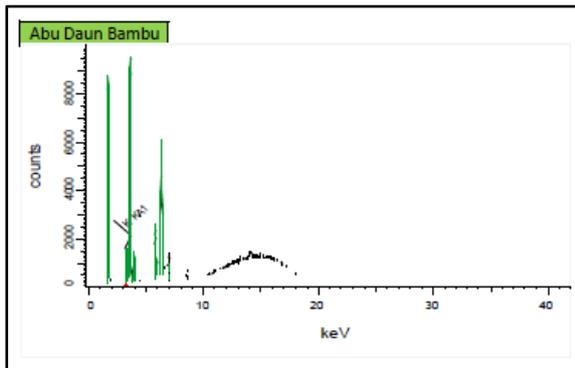
Prosedur pembuatan benda uji beton dilakukan secara manual, yaitu diaduk menggunakan tangan dengan tenaga manusia yang mengacu pada SNI-2493-2011. Perawatan benda uji yang dilakukan adalah perendaman selama 28 hari yang mengacu pada SNI-2493-2011. Sampel yang diuji diberikan perlakuan yang sama, yaitu pengujian terhadap kuat tekan beton pada usia 28 hari mengacu pada SNI-03-1974-2011.

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahapan yang harus dilakukan dimulai dari : 1) Tahap persiapan seperti mengurus perizinan peminjaman Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta, pengadaan alat yang dibutuhkan, pengadaan bahan material yang diperlukan seperti semen, abu daun bambu, agregat kasar, agregat halus, dan air, 2) Tahap pemeriksaan bahan, 3) Tahap perencanaan proporsi campuran, 4) Tahap pembuatan benda uji yang dilakukan di Lab. Program Keahlian Konstruksi Gedung Sanitasi dan Perawatan (KGSP) SMK Negeri 4 Jakarta, dan 5) Tahap pengujian benda uji, yaitu kuat tekan beton di Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta.

Daun bambu yang telah diproses menjadi abu, kemudian dilakukan uji berat jenis dan unsur senyawa yang terkandung di dalamnya. Untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung di dalam abu daun bambu, dilakukan uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Lab. Pusat Penelitian Metalurgi dan Material Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Serpong

Tabel 4. Komposisi Kimia Abu Daun Bambu

Material	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	Mn (%)	CdO (%)
Abu Daun Bambu	92,78	0,58	4,01	0,84	0,05	0,49	0,01
	Cl (%)	SrO (%)	Sc ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	Fe (%)
	0,02	0,01	0,01	0,26	0,01	1,42	1,00
	Zn (%)	Si (%)	S (%)	K (%)	Sc (%)	Ti (%)	Cr (%)
	0,04	88,5	1,4	1,62	0,01	0,07	0,02
	Ca (%)	Sr (%)					
6,79	0,02						

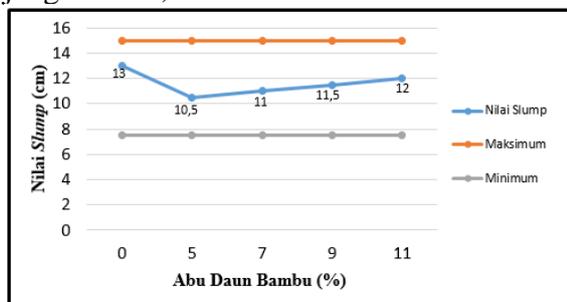


Gambar 1. Pola XRF Abu Daun Bambu

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Uji Slump

Berdasarkan hasil uji *slump* didapatkan nilai *slump* beton tanpa abu daun bambu dan beton dengan abu daun bambu dengan variasi 5%, 7%, 9%, dan 11% secara berturut-turut adalah 13 cm ; 10,5 cm ; 11 cm ; 11,5 cm ; dan 12 cm. Data tersebut sesuai dengan perencanaan campuran beton yang mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan *slump* yang direncanakan bernilai pada jangkauan 7,5-15 cm.



Gambar 2. Nilai Uji Slump

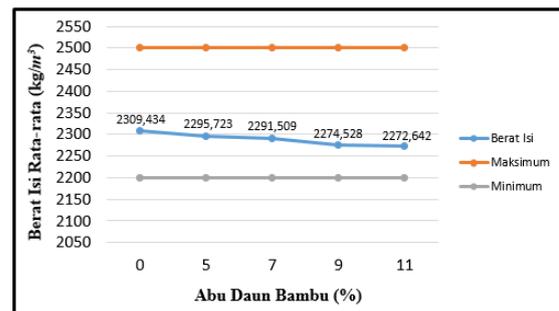
Dari gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa nilai *slump* dipengaruhi oleh

penggunaan abu daun bambu. Nilai *slump* mengalami penurunan pada penggunaan 5% abu daun bambu, setelahnya nilai *slump* mengalami kenaikan sampai penggunaan 11% abu daun bambu tetetapi masih di bawah dari beton tanpa abu daun bambu. Menurut Onikeku *et al* (2019), peningkatan nilai *slump* bisa jadi karena tingginya SiO₂ dan CaO yang ada pada abu daun bambu yang mana meningkatkan *workability* dan penurunan nilai *slump* terjadi karena abu daun bambu memiliki area permukaan yang besar dan sisa kandungan karbon yang berlebih.

Jika dibandingkan dengan nilai *slump* yang didapatkan dari penelitian Diana *et al* (2020), hasilnya tidak berbeda jauh dengan penelitian ini. Pada penelitian Diana *et al*, nilai *slump* yang dihasilkan oleh beton kontrol sebesar 12 cm lalu mengalami penurunan pada kadar abu daun bambu 3%, 5%, dan 7% menjadi sebesar 10 cm.

b. Berat Isi Beton

Berdasarkan gambar 3, dapat diketahui bahwa penggunaan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan penurunan berat isi beton. Penurunan terjadi pada penggunaan 5%, 7%, 9%, dan 11% abu daun bambu dari total berat semen.



Gambar 3. Berat Isi Beton

Penurunan terjadi karena abu daun bambu memiliki berat jenis yang lebih kecil daripada semen, di mana pada penelitian ini berat jenis abu daun bambu didapatkan sebesar 2,29 gr/ml. Penurunan berat isi pada penggunaan abu daun bambu 5%, 7%, 9%, dan 11% secara berturut-turut dari beton kontrol adalah 0,6% ; 0,78% ; 1,53% ; 1,62%

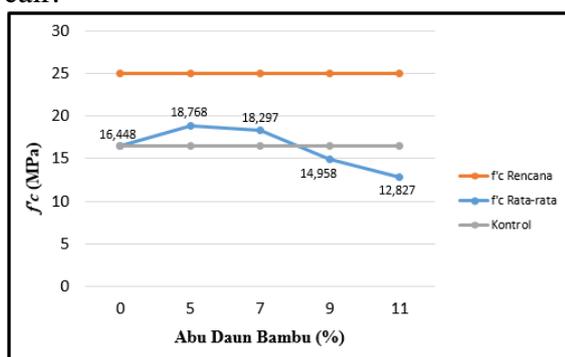
Pengaruh Penggunaan Abu... (Aji/ hal. 9-17)

atau terjadi rata-rata penurunan sebesar 1,13% dari beton kontrol.

Penurunan berat isi yang terjadi pada penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Umoh & Odesola (2017) yang menunjukkan tren penurunan berat isi seiring bertambahnya kadar abu daun bambu yang digunakan. Menurut SNI-03-2847-2002 beton normal adalah beton yang memiliki berat satuan $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$. Lalu menurut *Federation Internationale de la Precontrainte* (FIP) dalam Untu *et al* (2015) berat isi beton normal adalah $2000 \text{ kg/m}^3 - 3000 \text{ kg/m}^3$. Menurut *American Concrete Institute* (ACI) dalam Pade *et al* (2013) berat isi beton normal adalah $2100 \text{ kg/m}^3 - 2550 \text{ kg/m}^3$. Berdasarkan acuan tersebut, beton yang didapatkan pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai beton normal karena memiliki berat isi sebesar $2272,642 \text{ kg/m}^3 - 2309,434 \text{ kg/m}^3$.

c. Kuat Tekan Beton

Benda uji beton yang sudah berumur 28 hari dan dilakukan penimbangan untuk berat isi beton, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, benda uji dilakukan *capping* atau meratakan permukaan beton menggunakan belerang cair.



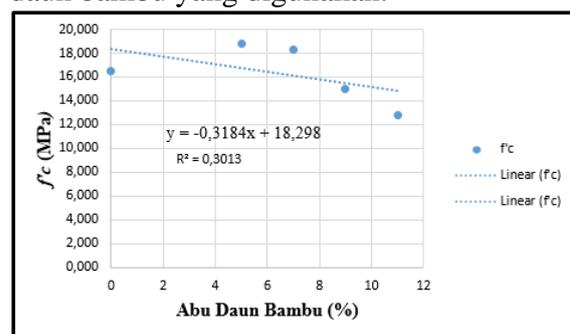
Gambar 4. Kuat Tekan Beton

Berdasarkan gambar 4, penggunaan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hal tersebut dapat dilihat dari peningkatan kuat tekan yang terjadi pada persentase abu

daun bambu 5%, yaitu 18,768 MPa naik 14,11% dari beton kontrol, persentase abu daun bambu 7%, yaitu 18,297 MPa naik 11,24% dari beton kontrol atau tanpa abu daun bambu. Namun, pada persentase ADB 9% dan 11% secara berturut-turut mengalami penurunan sebesar 9,06% dan 22,02% dari beton kontrol.

Peningkatan kuat tekan terjadi karena adanya jumlah *silika oksida* (SiO_2) yang tinggi pada abu daun bambu sebesar 92,78% dan juga dengan adanya 4,01% *kalsium oksida* (CaO) yang berperan dalam pembentukan *tricalcium silikat* dan *dikalsium silikat* yang keduanya bercampur dengan air kemudian akan membentuk *calcium silikat hidrat* yang merupakan faktor penentu kuat tekan beton. Dengan kandungan *silika oksida* yang tinggi menjadikan abu daun bambu bersifat pozzolanik.

Nilai kuat tekan beton yang hasilnya lebih dari beton kontrol terdapat pada kadar persentase abu daun bambu 5% dan 7%, untuk mengetahui lebih detail berapa nilai kuat tekan pada rentang tersebut maka dilakukan analisis regresi linier dan didapatkan persamaan ($Y = -0,3184X + 18,298$). Notasi Y ialah nilai kuat tekan beton dan X adalah kadar persentase abu daun bambu yang digunakan.



Gambar 5. Regresi Linier

Koefisien regresi X sebesar -0,3184 mengandung arti bahwa setiap penambahan 1 satuan abu daun bambu, maka nilai kuat tekan menurun sebesar 0,3184. Dari gambar 5 juga didapatkan koefisien determinasi (R Square) atau besarnya persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat

sebesar 0,3013 yang mengandung arti bahwa pengaruh variabel bebas (abu daun bambu) terhadap variabel terikat (kuat tekan) sebesar 30,13% sedangkan sisanya, yakni 69,87% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel X. Berdasarkan hasil uji regresi linier sederhana di program *microsoft excel*, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,2939 dengan tingkat signifikansi $0,3379 > 0,05$ maka variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Persamaan tersebut tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton yang dipengaruhi oleh kadar persentase abu daun bambu yang lain karena koefisien regresi bernilai negatif atau turun.

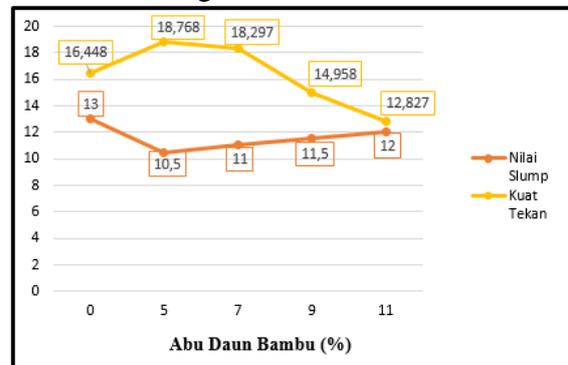
Secara keseluruhan, peningkatan persentase abu daun bambu tanpa diimbangi dengan peningkatan persen semen tidak menghasilkan peningkatan nilai kuat tekan karena reaksi hidrasi dan reaksi pozzolanik tidak berjalan sempurna. Semakin banyak persentase abu daun bambu yang digunakan membuat silika yang tersedia juga semakin tinggi. Menurut Kalimantoro & Trihadiningrum (2017), kandungan silika yang berlebihan memiliki peran untuk menurunkan nilai kuat tekan akibat munculnya reaksi *alkali silika*. Reaksi *alkali silika* membentuk gel *alkali* yang dikelilingi oleh pasta semen dan mengakibatkan pemuai pada beton. Pemuai yang terjadi akan menyebabkan retak atau pecahnya pasta semen sehingga menurunkan nilai kuat tekan.

Pada penelitian ini, pengadukan beton dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyati & Aulia (2017) pengadukan beton secara manual menghasilkan beton yang lebih kental dan terjadi penguapan air pada adukan beton karena dilakukan di ruang terbuka. Faktor lain yang menyebabkan penurunan kuat tekan beton adalah karena abu daun bambu bersifat pozzolanik dan pada abu daun bambu tidak ditemukan unsur Al_2O_3 , padahal unsur tersebut merupakan salah satu

unsur utama dalam semen karena Al_2O_3 berfungsi sebagai pengeras dalam campuran beton, sedangkan silika (SiO_2) berfungsi sebagai pengikat.

d. Hubungan Nilai *Slump* dengan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan gambar 6, nilai kuat tekan beton optimum terjadi pada campuran dengan kadar abu daun bambu 5%, yaitu 18,768 MPa. Pada kadar abu daun bambu 7% kuat tekan mengalami penurunan menjadi 18,297 MPa, namun jika dibandingkan dengan beton kontrol atau beton tanpa abu daun bambu nilai kuat tekan tersebut meningkat.



Gambar 6. Hubungan Nilai *Slump* dengan Kuat Tekan Beton

Seiring dengan penambahan kadar abu daun bambu yang digunakan sebesar 9% dan 11% membuat nilai kuat tekan beton menurun dari beton kontrol menjadi 14,958 MPa dan 12,827 MPa. Peningkatan atau penurunan nilai kuat tekan beton sejalan dengan nilai *slump* yang dihasilkan.

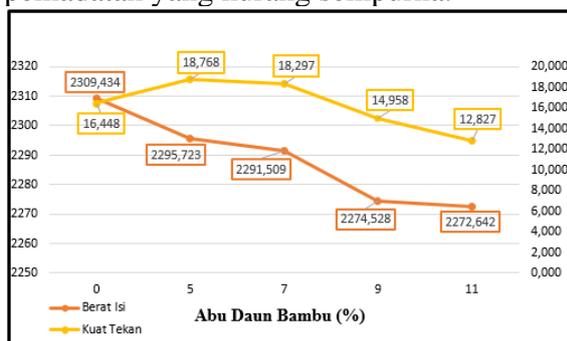
Menurut Gobel (2017), semakin tinggi nilai *slump* yang dihasilkan maka mengakibatkan kuat tekan beton yang semakin turun begitu juga sebaliknya. Walaupun nilai kuat tekan beton yang didapatkan tidak sesuai dengan rencana, yaitu sebesar 25 MPa, tetapi penggunaan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton walau dalam peningkatan yang tidak terlalu besar.

Pengaruh Penggunaan Abu... (Aji/ hal. 19-27)

e. Hubungan Berat Isi Beton dengan Kuat Tekan Beton

Penggunaan kadar persentase abu daun bambu yang meningkat menyebabkan penurunan pada berat isi beton. Hubungan berat isi dengan nilai kuat tekan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Umoh & Odesola (2017) yang menunjukkan tren penurunan berat isi seiring bertambahnya kadar abu daun bambu yang digunakan dan penurunan pada kuat tekan yang dihasilkan.

Pada beton kontrol memiliki berat isi yang lebih tinggi dari beton yang lain dan juga memiliki kuat tekan di bawah dari beton dengan persentase abu daun bambu 7% dan 9%, hal itu bisa terjadi karena pada beton kontrol tidak menggunakan abu daun bambu dan juga di salah satu sampelnya, beton mengalami keropos seperti gambar 8, yang diakibatkan dari proses pengadukan dan pemadatan yang kurang sempurna.



Gambar 7. Hubungan Berat Isi Beton dengan Kuat Tekn Beton



Gambar 8. Beton Keropos

f. Keterbatasan Penelitian

Berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan selama penelitian berlangsung

terdapat beberapa keterbatasan yang terjadi karena dampak adanya pandemi *Covid-19* yang membuat Laboratorium di Universitas Negeri Jakarta sempat mengalami *Lock Down* selama kurang lebih dua minggu. Adapun beberapa keterbatasan yang terjadi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan benda uji beton dilakukan di Lab. Program Keahlian Konstruksi Gedung Sanitasi dan Perawatan SMK Negeri 4 Jakarta.
2. Pembuatan dan perawatan benda uji beton dilakukan di tempat yang berbeda.

SIMPULAN

Penggunaan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen dapat memengaruhi kuat tekan beton. Setelah dilakukannya pengujian, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penggunaan abu daun bambu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan kadar persentase tertentu.
2. Kuat tekan beton optimum terjadi pada kadar persentase abu daun bambu 5% dari total berat semen dengan kuat tekan yang didapatkan sebesar 18,768 MPa.
3. Kuat tekan dengan kadar persentase abu daun bambu 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat semen secara berturut-turut sebesar 16,448 MPa ; 18,768 MPa ; 18,297 MPa ; 14,958 MPa ; dan 12,827 MPa.
4. Abu daun bambu Andong setelah dilakukan uji XRF (*X-Ray Fluoresence*) memiliki kandungan *silika oksida* (SiO_2) sebesar 92,78%.
5. Berat isi beton dengan kadar persentase abu daun bambu 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% secara berturut-turut adalah 2309,434 kg/m^3 , 2295,723 kg/m^3 , 2291,509 kg/m^3 , 2274,528 kg/m^3 , 2272,642 kg/m^3 .
6. Variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel

7. terikat karena hasil uji regresi linier sederhana di program *microsoft excel*, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,2939 dengan tingkat signifikansi $0,3379 > 0,05$.
8. Beton dengan abu daun bambu lebih ringan daripada beton kontrol atau tanpa abu daun bambu dan beton tersebut dapat dikategorikan sebagai beton normal.
9. Bahan ajar yang dihasilkan setelah penelitian ini berupa *jobsheet* tentang pembuatan beton dengan mengganti sebagian semen menggunakan abu daun bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshory, A. rohman, Sumarni, S., & Roemintoyo. (2015). Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Beton Normal Sebagai Pendukung Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton (Pada Mahasiswa Ptb, Jptk, Uns). *Indonsian Journal of Civil Engineering Education*, 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/ijcee.v1i1.16898>
- Artiningsih, N. K. A. A. (2012). Pemanfaatan Bambu Pada Konstruksi Bangunan Berdampak Positif Bagi Lingkungan. *Metana*, 8(01), 1–9. <https://doi.org/10.14710/metana.v8i01.5117>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2017). Statistik Produksi Kehutanan 2017. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000 : *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 2493-2011 : *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Devi, K. S., Lakshmi, V. V., & Alakanandana, A. (2017). Impacts of Cement Industry on Environment - An Overview Impacts Of Cement Industry On Environment – An Overview. *Asia Pacific Journal Of Research*, 1(Lvii).
- Diana, A. I. N., Fansuri, S., & Desharyanto, D. (2020). Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Substitusi Material Semen Terhadap Kinerja Beton. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 172–182. <https://doi.org/10.22225/pd.9.2.1788.172-182>
- Gobel, F. M. Van. (2017). Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slump Beton Tertentu. *RADIAL-JuRnal PerADaban SaIns, Rekayasa Dan Teknologi*, 5(1), 22–33.
- Kalimantoro, T. T., & Trihadiningrum, Y. (2017). Stabilisasi/Solidifikasi Tailing Tambang Emas Rakyat Kulon Progo Menggunakan Semen Portland dan Tanah Tras. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17099>
- Mulyati, & Aulia, F. (2017). Pengaruh metode pengadukan beton terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 4(1), 42–46.
- Onikeku, O., Shitote, S. M., Mwero, J., & Adedeji, A. A. (2019). Evaluation of Characteristics of Concrete Mixed with Bamboo Leaf Ash. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 67–80. <https://doi.org/10.2174/1874836801913010067>
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja,

Pengaruh Penggunaan Abu... (Aji/ hal. 9-17)

H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. *Jurnal Sipil Statik*, 1(7), 479–485.

Potgieter, J. H. (2012). An Overview of Cement production: How “green” and sustainable is the industry? *Environmental Management and Sustainable Development*, 1(2), 14–37. <https://doi.org/10.5296/emsd.v1i2.1872>

Saputra, A. R., Alimuddin, & Julia, R. R. D. (2017). Sintesis Material Silika Mesopori Sba-15 Dari Abu Daun Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer ex Heyne). *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017 Kimia FMIPA UNMUL*, 106–110.

Umoh, A. A., & Odesola, I. A. (2017). Characteristics of Bamboo Leaf Ash Blended Cement Paste and Mortar. *CIVIL ENGINEERING DIMENSION*, 17(1). <https://doi.org/10.9744/ced.17.1.22-28>

Untu, G. E., Kumaat, E. ., & WIndah, R. . (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(10), 703–708.