

PERFORMA BETON NORMAL DENGAN ABU KAYU SEBAGAI BAHAN CEMENTITIOUS

Huda Rizky Muhammad¹, Akhmad Suryadi², Qomariah³.

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Kontruksi, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹,

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: hudarizkymuh@gmail.com¹; akhmadsuryadi1@gmail.com²; qomariah@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Perkembangan industri di Indonesia makin meningkat dan memberikan dampak limbah khususnya industri kerajinan genteng Winong. Industri ini memberikan dampak limbah abu kayu kepada masyarakat. Dengan jumlah limbah abu yang menumpuk bekas pembakaran genteng, abu dapat disaring menjadi partikel lebih halus bisa digunakan sebagai bahan substitusi semen terhadap beton normal yang dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beton dengan substitusi limbah abu kayu terhadap semen tinjauan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Metode penelitian, meliputi: pengujian sifat fisik semen dan abu kayu, perancangan campuran beton menggunakan referensi SNI 03-2834-2000. Sampel penelitian untuk setiap variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% berjumlah 48 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan dan 12 benda uji silinder untuk pengujian kuat tarik belah. Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% sebesar 34,25 kg/cm²; 39,02 kg/cm²; 30,63 kg/cm²; 28,63 kg/cm² dan 19,20 kg/cm². Hasil pengujian kuat tarik belah umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% sebesar 3,04 kg/cm²; 3,12 kg/cm²; 2,97 kg/cm² dan 2,15 kg/cm². Biaya dari pengujian rata-rata secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% sebesar Rp 1,045,365.55/m³; Rp 1,019,877.01/m³; Rp 997,260.60/m³; Rp 974,644.17/m³ dan Rp 949,314.17/m³. Substitusi limbah abu kayu menurunkan nilai kuat tekan rata-rata, nilai kuat tarik belah rata-rata dan biaya anggaran.

Kata Kunci : limbah abu kayu, semen, kuat tekan, kuat tarik belah.

ABSTRACT

The development of industry in Indonesia has increased and given the impact of waste especially the Winong tile craft industry. This industry gives the impact of wood ash waste to the community. The amount of ash waste by filtering into finer particles can be used as a substitution material for normal concrete which is carried out in the Laboratory of Civil Engineering Department of the State Polytechnic of Malang. This study aims to analyze the characteristics of concrete by substitution of wood ash waste on cement review of compressive strength and tensile strength testing. Research methods, including: testing the physical properties of cement and wood ash, concrete mixture design using reference SNI 03-2834-2000. The research sample for each variation of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% totaling 48 cylindrical specimens for compressive strength testing and 12 cylindrical specimens for testing tensile strength. The results of compressive strength the 28 days in a row for variations of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% by 34,25 kg/cm²; 39,02 kg/cm²; 30,63 kg/cm²; 28,63 kg/cm² and 19,20 kg/cm². The result of the 28 days age split tensile strength test respectively for variations of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% in the amount of Rp 1,045,365.55/m³; Rp 1,019,877.01/m³; Rp 997,260.60/m³; Rp 974,644.17/m³ dan Rp 949,314.17/m³. The substitution of wood ash waste decreases the average compressive strength, the average tensile strength and budget costs.

Keyword: wood ash waste, cement, compressive strength, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Desa Winong adalah salah satu daerah Industri Kerajinan Genteng tepatnya di Kabupaten Magetan. Desa Winong sendiri merupakan nama yang mengacu pada dua desa yaitu Desa Gulun dan Desa Sepreh. Limbah sisa pembakaran genteng belum ada yang mengelola, limbah pembakaran genteng dibiarkan dalam rumah pembakaran atau menjadi timbunan disekeliling rumah warga.

Diera globalisasi ini perkembangan industri di Indonesia makin meningkat khususnya pada perkembangan konstruksi yang tidak terlepas dari kebutuhan masyarakat terhadap infrastruktur. Dalam proses pembangunan infrastruktur, beton merupakan kebutuhan utama dalam proyek pembangunan, maka akan meningkatkan pula bahan baku untuk pembuatan beton, seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan campuran lainnya, namun banyak penelitian beton yang menambahkan bahan tambahan lainnya yang relevan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan.

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimuljo, 1992).

Mayoritas konstruksi di Indonesia mulai dari gedung bertingkat sampai rumah sederhana menggunakan beton. Umumnya beton yang banyak digunakan dalam proses konstruksi adalah beton normal. Proses pembuatan beton normal relatif mudah karena tidak memerlukan bahan tambahan (admixture). Oleh karena itu di Indonesia banyak industri yang bergerak dalam bidang beton pracetak. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimuljo, 1996: 2).

Beton telah berkembang dengan pesat. Sejumlah penelitian beton terus dikembangkan dengan tujuan dapat menghasilkan beton yang tepat guna, mudah dalam pengerjaan, serta efisien dalam biaya. Penelitian bahan material alternatif beton merupakan sesuatu yang sering dijadikan obyek penelitian, sebab dengan ditemukan bahan alternatif beton yang tepat, maka akan dapat berpengaruh pada efisiensi biaya.

Salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah Abu Kayu sebagai bahan alternatif, limbah Abu Kayu dihasilkan dari industri genteng pada pembakaran genteng. Pada industri genteng winong ini merupakan produksi besar dalam dua desa terdiri dari 628 unit tempat produksi genteng dan keseluruhan menggunakan kayu sebagai pembakaran

genteng sehingga menyebabkan banyak limbah abu kayu yang terbuang begitu saja seperti di daerah Desa Gulun dan Desa Sepreh, Kab. Magetan. Dengan banyaknya limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan pembakaran genteng tersebut menjadi masalah lingkungan, karena limbah ini bisa membuat pernafasan disekitar warga terganggu karna debu berterbangan dan merusak tanaman sekitar rumah warga.

Mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh limbah, maka diperlukan langkah trobosan yang tepat, guna meminimalisasi limbah Abu Kayu yang dibuang ke lingkungan. Langkah trobosan ini salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah abu kayu menjadi bahan substitusi semen pada pembuatan beton sebagai komponen utama untuk penambah kekuatan pada beton.

Abu kayu adalah materi (umumnya berupa bubuk) yang tersisa setelah pembakaran kayu. Umumnya, 6-10% massa kayu yang dibakar menghasilkan abu. Komposisi kayu dipengaruhi oleh jenis kayu yang dibakar. Kondisi pembakaran juga mempengaruhi kondisi abu dan jumlah abu yang tersisa; temperatur akan mengurangi jumlah abu yang dihasilkan. Abu kayu mengandung kalsium karbonat sebagai komponen utamanya, mewakili 25-45% massa abu kayu. Kalsium terdapat pada jumlah kurang dari 10%, dan fosfat kurang dari 1%. Terdapat juga besi, mangan, seng, tembaga, dan beberapa jenis logam berat. Namun, komposisi abu kayu sangat bergantung pada jenis kayu dan kondisi pembakaran seperti temperatur. Abu kayu umumnya dibuang kelahan pembuangan, namun alternative pengolahan yang ramah lingkungan dapat menjadi suatu hal yang sangat menarik. Sejak lama diketahui bahwa abu kayu dapat digunakan sebagai pupuk karena mengandung berbagai macam mineral, namun tanpa nitrogen. Keberadaan kalsium karbonat dapat digunakan untuk menurunkan tingkat keasaman tanah. Kalium hidroksida dapat dibuat dari abu kayu, yang dapat dipakai sebagai bahan pembuat sabun. (Prayitno.1992), (dikutip Chrismunandar, 2013).

Residu yang tampak sebagai abu tidak hanya berasal dari dinding sel, melainkan dari bahan-bahan mineral dari kristal yang mengisi rongga sel (Anonim, 1993). Abu didefinisikan sebagai bahan yang tertinggal setelah proses pembakaran kayu secara sempurna. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan terurai sempurna pada suhu tinggi dan akan menghasilkan karbon yang menjadi unsur abu dalam proses tersebut.

Komponen utama abu kayu adalah kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), silika (Si). Unsur minor yang sering terdapat dalam abu antara lain natrium (Na), mangan (Mn), besi (Fe), dan aluminium (Al). Radikal asam yang umum terdapat dalam dalam abu adalah karbonat, fosfat, silikat, sulfat dan klorida (Anonim). Kayu mengandung mineral (komponen-komponen anorganik) dalam jumlah kecil, dinyatakan sebagai kadar abu. Dalam batang jarang lebih dari 1 % dari berat kering kayu. (Sunardi.1976), (dikutip chrismunandar, 2013).

Tabel 1. Perbandingan Semen PCC dan Abu Kayu

Oksida	Nama Umum	Kadar (%)	
		Semen	AK (UM)
CaO	Kapur	63	86.87
SiO ₂	Silika	22	4.49
Al ₂ O ₃	Alumina	6	-
Fe ₂ O ₃	Ferrit Oksida	2.5	2.78
MgO	Magnesia	2.6	-
K ₂ O	Alkalis	0.6	4.68
Na ₂ O	Disodium Oksida	0.3	-
SO ₂	Sulfur dioksida	2	-

Sumber: Paul Nugraha dan Antoni (2007:31), Hasil Penelitian Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju – UM.

Pada penelitian ini akan memberikan alternatif pemakaian abu kayu sebagai pengganti semen yang memiliki beberapa unsur yang sama dengan semen. Dapat dilihat pada komposisi unsur kimia pada abu kayu memiliki angka terbesar pada kapur sebesar 86.87% (CaO), pengaruh abu kayu sebagai bahan cemetitious, mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung pada abu kayu.

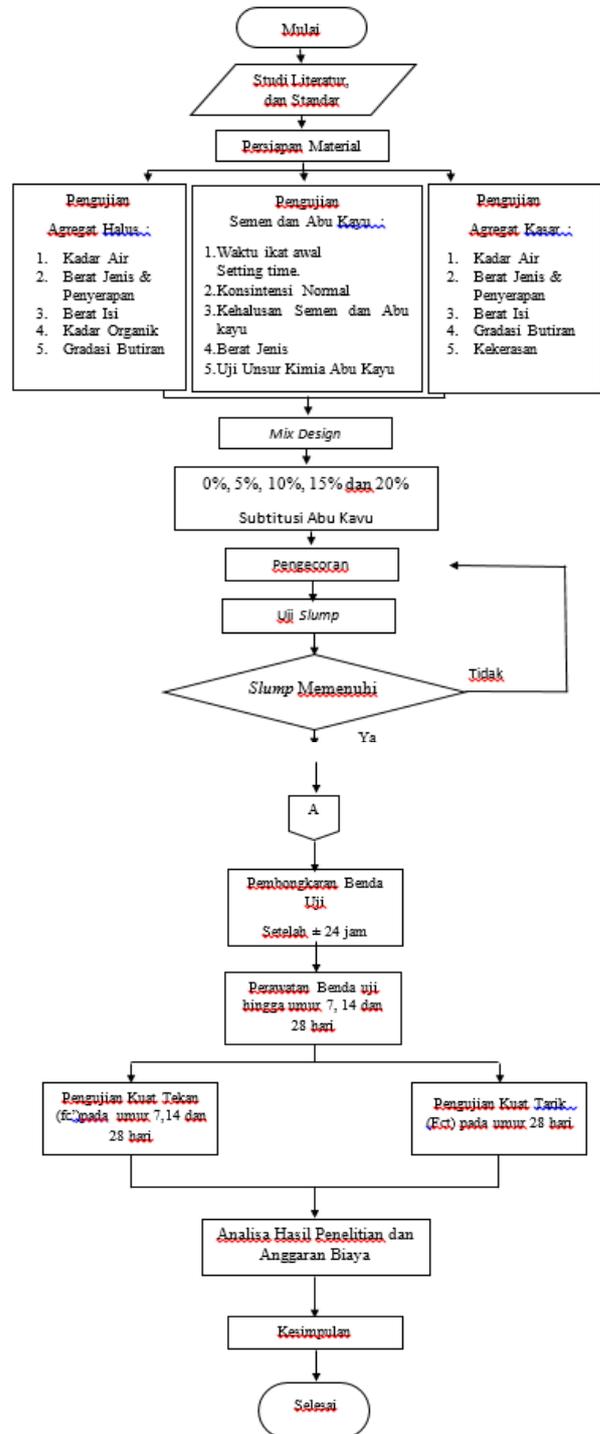
2. METODE

Metode pada penelitian ini adalah metode ekperimental yang dilakukan dengan cara membandingkan beton rencana f'c = 20 MPa sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah abu kayu sebagai substitusi semen pada campuran beton.

Penelitian ini merupakan referensi dari penelitian abu sebelumnya (Girsabg F. 2014) menguji Abu vulkanik Sinabung, (Alkhaly.Y dkk. 2016) menguji Abu ampas kopi dan (Habiby,N. 2018) menguji Abu serabut kelapa dari ketiga penelitian tersebut menguji abu sebagai pengganti sebagian semen untuk mencari kontribusi semen pada komposisi berat terhadap kuat tekan beton.

Pada penelitian abu kayu diambil dari komposisi berat abu kayu sebagai pengganti sebagian semen dengan masing-masing variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen yang digunakan. Sedangkan variable terikat yang akan dihasilkan adalah kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.

Alur Penelitian (Flowchart)



Gambar 1. Alur Penelitian (Flowchart)

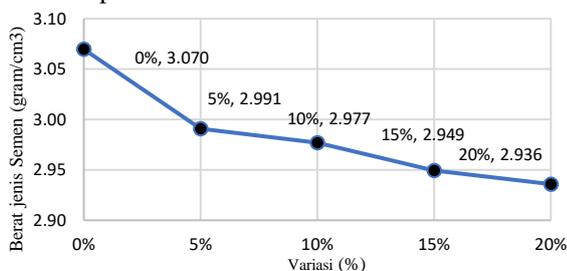
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pengujian Semen

Analisa yang dilakukan pada pengujian semen ini menggunakan semen Produksi PT. Semen Gresik dan menggunakan bahan campuran AK (Abu Kayu) yang akan di substitusikan dengan semen. Pengujian yang akan dilakukan meliputi, uji kehalusan, uji konsistensi normal, dan waktu ikat (*setting time*). Untuk komposisi substitusi campuran yang akan digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% AK (Abu Kayu). Hasil pengujian sebagai berikut.

1. Berat Jenis

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3,15. Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi 3,05 sampai 3,25. Varisasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan Le Chatelier Flask menurut standar SNI 2531:2015 (ASTM C-188). Hasil dari pengujian berat jenis semen dengan campuran abu kayu dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Berat Jenis Semen

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pada **Gambar 2** memiliki nilai semen sebesar 3,070 gr/cm³, berat jenis pada variasi 5% sebesar 2,991 gr/cm³, pada 10% menghasilkan 2,977 gr/cm³, pada 15% menghasilkan 2,949 dan yang 20% menghasilkan 2,936 gr/cm³. Dari hasil pengujian ini berat jenis semen yang ditambahkan dengan variasi AK (Abu Kayu) semakin banyak akan mengalami penurunan.

2. Uji Kehalusan

Kehalusan semen PPC (*Portland Pozollan Cement*) dan AK (Abu Kayu) sebagai faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel – partikel dengan air. Reaksi hidrasi semen akan semakin cepat dengan semakin halusnnya butiran semen, karena hidrasi dimulai dari permukaan butir. Dan begitu juga sebaliknya semakin kasar partikel semen dan AK (Abu Kayu) maka semakin lambat pula proses pengikatan partikel-partikel tersebut. Hasil dari pengujian kehalusan Semen PCC dan AK (Abu Kayu) dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Uji Kehalusan Semen

Bahan / Material	Sat.	Hasil Uji			Standart	
		No.100	No.200	Syarat	SNI	Ket.
Semen	100%	%	0%	22%	Tertahan	SNI OK
Campuran AK	5%	%	0%	22%	Max	03- OK

Bahan / Material	Sat.	Hasil Uji			Standart	
		No.100	No.200	Syarat	SNI	Ket.
Campuran AK	10%	%	0%	21%	22% (No.200)	2530-1991 OK
Campuran AK	15%	%	0%	21%		OK
Campuran AK	20%	%	0%	21%		OK

Berdasarkan tabel kehalusan dapat ditentukan bahwa semakin abu kayu memiliki partikel butiran lebih kecil dari semen, banyaknya kadar abu kayu yang ditambahkan semakin kecil kehalusan yang diterima dan dapat membuat beton lebih padat memperkecil pori-pori pada beton.

3. Uji Konsistensi Normal Semen

Konsistensi normal semen portland adalah suatu kondisi standar yang menunjukkan kebasahan pasta. Konsistensi dinyatakan dengan banyaknya air yang dibutuhkan suatu pasta semen dalam kondisi plastis. Berikut adalah hasil uji konsistensi yang telah dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Uji Konsistensi Normal Semen

Abu Kayu	Satuan	Pengujian				Standar	
		I	II	III	IV	SNI	Ket.
0%	% Air	28	25	24	23.5	SNI 03-6826-2002 Penetrasi Vicat (10 ± 1)	OK
Penetrasi	mm	38	25	16	10.5		
5%	% Air	23.5	24	25	25.5		
Penetrasi	mm	4	5	6	9.5		
10%	% Air	-	23.5	26	26.5		
Penetrasi	mm	-	0	5	11		
15%	% Air	23.5	27	28	29		
Penetrasi	mm	0	2	3	10.5		
20%	% Air	-	23.5	29	30		
Penetrasi	mm	-	0	6.5	9.5		

Menurut SNI 03-6826-2002 dari seluruh analisa perlakuan konsistensi normal pada **Tabel 3** memenuhi standart yang telah ditetapkan yaitu antara 24 – 32%. Dari pola grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar komposisi AK (Abu Kayu) maka semakin besar pula kadar air yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan karena AK (Abu Kayu) memiliki sifat serap air, sehingga akan mempengaruhi kekentalan pasta pada semen.

4. Waktu Ikat Semen dan Abu Kayu

Waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi keras, terhitung dari awal reaksi semen bercampur dengan air menjadi pasta semen hingga menjadi cukup pejal untuk menahan tekanan. Pada penelitian ini waktu ikat (*setting time*) dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Ikat Semen dan Abu Kayu

Bahan / Material	Sat.	Waktu Penetrasi
Semen	100%	Mnt
		143.4

Bahan / Material	Sat.	Waktu Penetrasi	
Campuran AK	5%	Mnt	181
Campuran AK	10%	Mnt	201
Campuran AK	15%	Mnt	221
Campuran AK	20%	Mnt	228

Pada **Tabel 4** diatas dapat dibaca bahwa semakin banyak AK (Abu Kayu) akan semakin lambat waktu ikat (*setting time*) dibutuhkan. Lambatnya waktu ikat pada Abu Kayu didapatkan dari banyaknya komposisi kapur (Ca) pada Abu Kayu.

Analisa Pengujian Abu Kayu

1. Uji Kehalusan Abu Kayu

sebanyak 0% memasuki standart dan yang tertahan pada ayakan No.200 sebanyak 20% dan lolos 80%. Menurut standart ASTM untuk kehalusan semen adalah 22%, presentase yang tertahan pada ayakan dengan diameter 0.075 mm pada AK (Abu Kayu) sudah memenuhi standar tersebut.

2. Berat Jenis Abu Kayu

Pengujian kehalusan ini untuk mengetahui berat jenis dari 100% AK (Abu Kayu). Hasil pengujian kehalusan AK (Abu Kayu) dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Berat Jenis Abu Kayu

Pemeriksaan	Benda Uji	Benda Uji		
		I	II	
Suhu	C	25	25	
Berat semen	gram	32	32	
Skala awal	V1	0.2	0.3	
Skala akhir	V2	22.9	23.5	
Berat jenis semen	$\frac{\text{Berat semen} \times d}{(V2 - V1)}$	gram/cm ³	1.41	1.38
Rata-rata			1.395	

Berdasarkan data tabel berat jenis AK (Abu Kayu) diatas memakai berat semen setengah dari syarat uji sebenarnya dikarenakan volume partikel abu kayu lebih ringan dari pada semen PPC, mengkondisikan volume saat dimasukkan dalam gelas ukur berat jenis semen. Dari rumusan data tersebut didapatkan nilai berja jenis abu kayu 1,395 gram/cm³ lebih ringan dari pada semen PPC.

3. Hasil Uji Kandungan Kimia Abu Kayu

Pengujian sampel untuk mengetahui komponen kimia dalam AK (Abu kayu) sebagai penunjang unsur-unsur yang

Pengujian kehalusan ini adalah salah satu syarat dari perlakuan pengganti semen. Hasil pengujian kehalusan AK (Abu Kayu) dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kehalusan Abu Kayu

No	Diameter Saringan (mm)	Tertahan		Komulatif		Standart	
		Individu (gram)	Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	SNI	Ke t.
No. 100	0.150	0.0	0	0%	0%	SNI	
No.200	0.075	10	10	20%	20%	15-253	O
Pan		40	50	80%	100%	0-199	K
Total		50		100%		1	

Berdasarkan data hasil pengujian kehalusan AK (Abu Kayu) didapatkan benda uji yang tertahan pada ayakan No.100 dibutuhkan dalam beton terhadap perilaku partikel-partikel untuk proses pengerasan. Pengujian AK (Abu Kayu) menggunakan Metode XRF (*X-Ray Fluorescent*). Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Uji Kandungan Unsur Kimia Abu Kayu

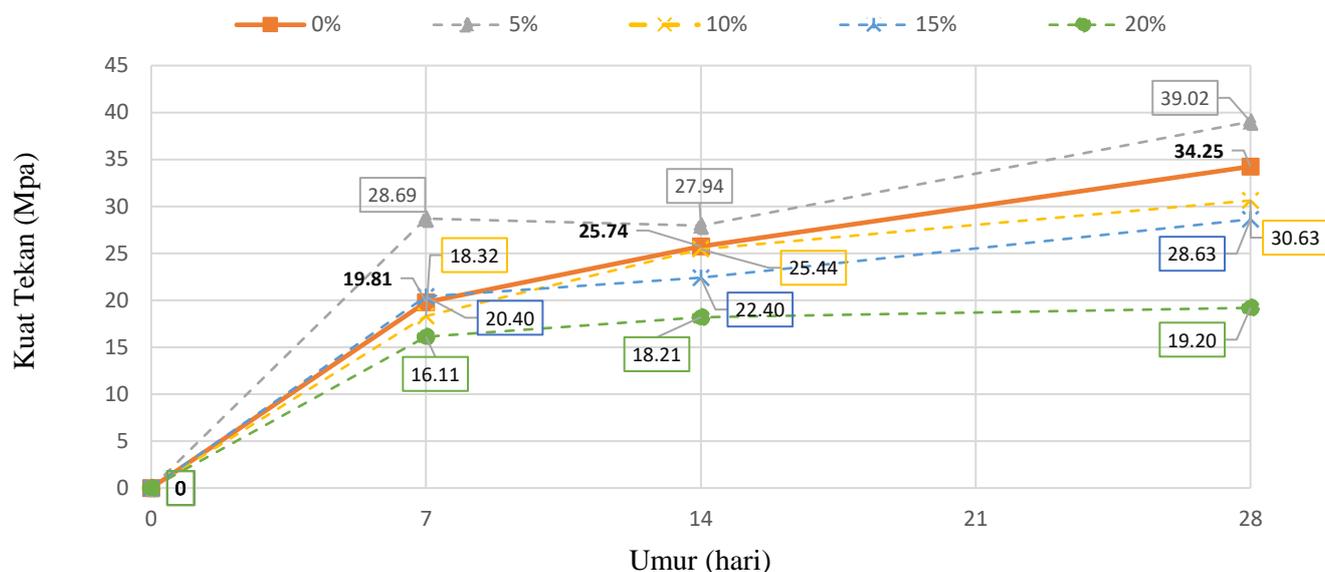
Compound	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Mn
Conc	1.4	1.3	0.74	5.19	83.3	0.31	0.02	0.11
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Fe	Cu	Zn	Sr	In	Ba	Eu	Re
Conc	2.54	0.66	0.02	1.4	3	0.3	0.2	0.1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

Dari pengujian XRF hasil unsur terbesar yang didapat dari AK (Abu Kayu) yaitu, Ca (Kalsium), K (Kalium), Fe (Ferrum), In (Indium), Si (Silica) dan Sr (Strontium).

Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur beton 7,14 dan 28 hari menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dalam penelitian ini beton mengalami lima perlakuan yaitu beton dengan substitusi abu kayu terhadap semen sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Kuat tekan beton rencana sebesar 20 MPa dengan setiap beton mengalami 5 pengulangan pada setiap umur pengujian. Untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan pengaruh dari penambahan abu kayu sebagai cementitious pada campuran beton. Pemberian dan perawatan dengan cara menguji kuat tekan sesuai dengan umur beton 7, 14 dan 28 hari memberikan peningkatan kuat tekan beton dan dibandingkan dengan kekuatan beton normal pada variasi 0%. Berikut Gambar 3 grafik peningkatan pada rata-rata setiap variasi.



Gambar 3. Grafik Gabungan Kuat Tekan Beton Rata-rata

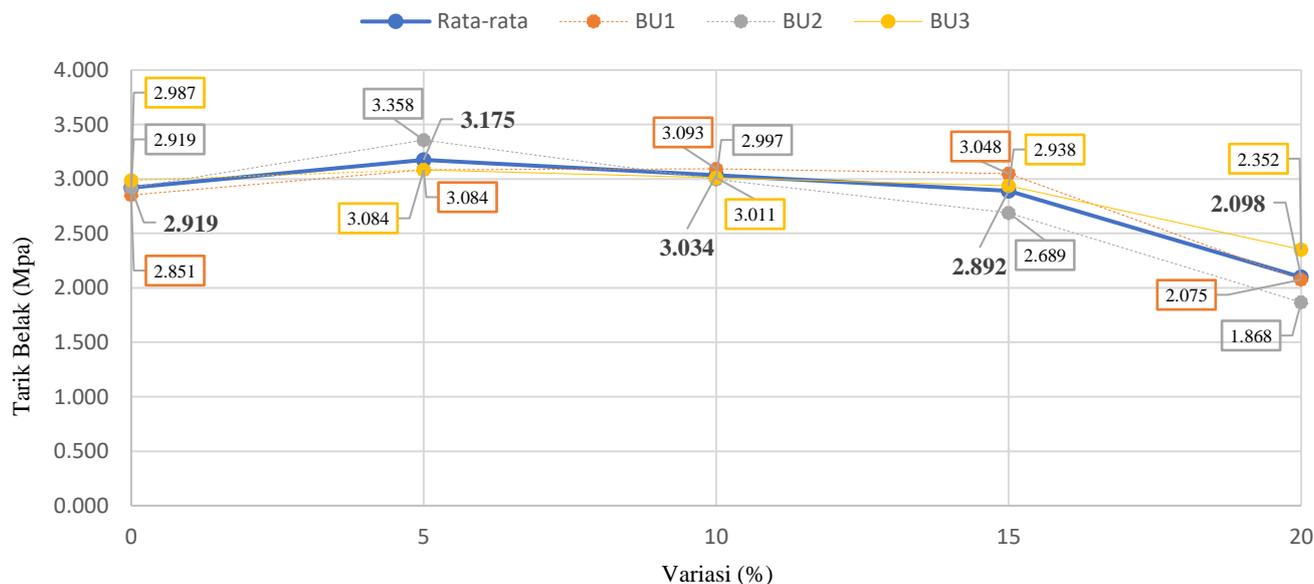
Berdasarkan Tabel 4.22 dan Gambar 4.16 menunjukkan bahwa kuat tekan beton substitusi AK (Abu Kayu) terhadap semen PPC pada kadar 5%, 10%, 15%, dan 20% mengalami penurunan beton normal. Kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari pada beton dengan kadar AK 0% sebesar 34,25 MPa, pada campuran beton dengan kadar AK 5% sebesar 39,02 Mpa, AK 10% sebesar 30,63 Mpa, AK 15% sebesar 28,63

Mpa dan AK 20% sebesar 19,20 Mpa kelima variasi tersebut mengalami kenaikan pada kadar 5% dan mulai penurunan kekuatan beton pada kadar 10%. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat kuat tekan kadar 5%, 10% dan 15% memiliki kekuatan diatas kuat tekan rencana $f_c' = 20$ Mpa, sedangkan pada kadar 20% menurun dari perencanaan f_c' .

Kuat Tekan Beton

Pengujian tarik belah beton dilakukan pada saat umur 28 hari menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dalam penelitian ini beton mengalami empat perlakuan yaitu beton dengan substitusi

AK (Abu Kayu) terhadap semen sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Pengujian ini dilakukan berguna untuk mengetahui apakah dengan substitusi semen menggunakan abu kayu mampu meningkatkan nilai kuat tarik belah beton sesuai yang direncanakan.



Gambar 4. Grafik Gabungan Kuat Tarik Belah Rata-rata

Berdasarkan **Gambar 4**. Menjelaskan bahwa nilai kuat tarik belah beton kadar Abu Kayu 5% mengalami kenaikan terhadap nilai kuat tarik belah beton dengan kadar Abu Kayu 0%, akan tetapi pada kadar abu kayu 10%, 15% dan 20% mengalami penurunan nilai kuat tarik belah. Nilai kuat tarik belah tertinggi terdapat pada kadar abu kayu 5% substitusi semen.

Perhitungan Biaya

Pada perencanaan bangunan, dibutuhkan perhitungan biaya material bangunan. Perhitungan biaya beton per m³ digunakan untuk membandingkan biaya produksi beton tanpa abu kayu dengan beton variasi abu kayu. Menggunakan analisis SNI dimana melihat tukang batu, kepala tukang, mandor dan pekerja. Perhitungan biaya per m³ yang diperlukan pada variasi 0% ada pada **Tabel 8**.

Tabel 9. Biaya beton per m³

No	Variasi	Harga
1	0%	Rp 1,045,365.55
2	5%	Rp 1,019,877.01
3	10%	Rp 997,260.60
4	15%	Rp 974,644.19
5	20%	Rp 949,314.17

Hasil Analisis Biaya pembuatan beton campuran abu kayu terdapat penambahan biaya abu kayu setiap variasi. pada variasi 0% beton normal membutuhkan 12 benda uji silinder menghasilkan volume 0,0636 m³. Analisa untuk harga beton normal 0% sebesar Rp 1,045,365.55/m³, jadi biaya yang dikeluarkan untuk variasi 0% sebesar Rp 1,045,365.55 x 0,0636 (12 Silinder) = Rp 66,485.25. Analisa untuk harga beton normal dengan 5% abu kayu sebesar Rp 1,019,877.01/m³, jadi biaya yang dikeluarkan untuk variasi 5% sebesar Rp 1,019,877.01 x 0,0636 = Rp 64,864.18. Analisa untuk harga beton normal 10% abu kayu sebesar Rp 997,260.60/m³, jadi biaya yang dikeluarkan untuk variasi 10% sebesar Rp 997,260.60 x 0,0636 = Rp 63,425.77. Analisa untuk harga beton normal 15% abu kayu sebesar Rp 974,644.19/m³, jadi biaya yang dikeluarkan untuk variasi 15% sebesar Rp 974,644.19 x 0,0636 = Rp 61,987.37. Analisa untuk harga beton normal 20% abu kayu sebesar Rp 949,314.17/m³, jadi biaya yang dikeluarkan untuk variasi 20% sebesar Rp 949,314.17 x 0,0636 = Rp 60,376.38. Total dari biaya pembuatan beton normal keseluruhan variasi sebesar Rp 317,198.95 dapat dibulatkan menjadi Rp 320,000.00. Semakin besar penambahan kadar abu kayu ke dalam pembuatan beton, biaya akan semakin murah.

Tabel 8. Biaya beton per m³ pada kadar 20%

Pekerjaan	Sat.	Vol	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan				
Semen	kg	275.61	Rp 1,250.00	Rp344,510.68
Abu Kayu	kg	31.41	Rp 200.00	Rp 6,282.07
Split	m3	0.74	Rp 270,000.00	Rp 200,632.79
Pasir	m3	0.48	Rp 300,000.00	Rp144,450.59
Air	m3	0.18	Rp 5,000.00	Rp 889.45
Tenaga				
Pekerja	OH	1.65	Rp 60,000.00	Rp 99,000.00
Tukang Batu	OH	0.25	Rp 80,000.00	Rp 20,000.00
Kep. tukang	OH	0.03	Rp 85,000.00	Rp 2,125.00
Mandor	OH	0.08	Rp 95,000.00	Rp 7,600.00
				Rp128,725.00
Jumlah Total (Bahan + Tenaga) ;				Rp 823,490.59
Overhead + Profit (Maksimum 15%)				Rp123,823.59
Harga Satuan Pekerjaan				Rp 949,314.17

Hasil Uji Anova

Berdasarkan hasil uji normalitas data atau uji distribusi normal data yang digunakan berdistribusi normal maka pengujian anova dapat dilakukan. Pengujian anova dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

	Sum of squares	df	Mean Square	f	Sig.
Between Groups	1038.904	4	259.726	7.360	0.000
Within Groups	1411.626	40	35.291		
Total	2450.53	44			

Gambar 5. Pengujian ANOVA SPSS Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Titik Presentase Distribusi F untuk 40 (Junaidi, 2010:2

df untuk penyebut N2	df untuk pembilang (N1)						
	1	2	3	4	5	6	7
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25

Berdasarkan **Gambar 5** hasil perhitungan SPSS untuk pengujian kuat tekan nilai untuk mencari F tabel di dapatkan nilai df untuk pembilang (N1) sebesar 4 dan nilai df untuk penyebut (N2) sebesar 40, berdasarkan **Tabel 9** maka nilai F tabel sebesar 2,61. Kemudian untuk nilai F output pada **Gambar 5** didapatkan sebesar 7,360 dapat dibandingkan nilai F output dengan nilai F tabel sebagai berikut:

$$F_{output} > F_{tabel} = 7,360 > 2,61$$

maka H₀ ditolak, H₁ diterima

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa variasi campuran menurunkan nilai kuat tekan beton.

	Sum of squares	df	Mean Square	f	Sig.
Between Groups	2.123	4	.531	21.204	.000
Within Groups	.250	10	.025		
Total	2.373	14			

Gambar 6. Pengujian ANOVA SPSS Kuat Tarik Belah

Tabel 10. Titik Presentase Distribusi F untuk 10 (Junaidi, 2010:2

df untuk penyebut N2	df untuk pembilang (N1)						
	1	2	3	4	5	6	7
10	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14

Berdasarkan Gambar 6 hasil perhitungan SPSS untuk pengujian kuat tekan nilai untuk mencari F tabel di dapatkan nilai df untuk pembilang (N1) sebesar 4 dan nilai df untuk penyebut (N2) sebesar 10, berdasarkan Tabel 10 maka nilai F tabel sebesar 3,48. Kemudian untuk nilai F output pada Gambar 6 didapatkan sebesar 21,204, dapat dibandingkan nilai F output dengan nilai F tabel sebagai berikut :

$$F_{\text{output}} > F_{\text{tabel}} = 21,204 > 3,48$$

maka H0 ditolak, H1 diterima

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa variasi campuran menurunkan nilai kuat tarik belah beton.

4. KESIMPULAN

- Hasil kuat tekan kadar abu kayu pada umur 28 hari dengan variasi 0% sebesar 34,25 MPa, 5% sebesar 39,02 MPa, 10% sebesar 30,63 MPa, 15% sebesar 28,63 Mpa dan 20% sebesar 19,20 MPa. Dalam hal ini hanya pada kadar 5% yang mempunyai nilai kuat tekan 14% diatas variasi 0%.
- Hasil kuat tarik belah beton kadar abu kayu pada umur 28 hari dengan variasi 0% sebesar 2,919 MPa, 5% sebesar 3,175 MPa, 10% sebesar 3,034 Mpa, 15% sebesar 2,892 Mps dan 20% sebesar 2,098 MPa. Sama halnya seperti kuat tekan beton, pada pengujian kuat tarik belah hanya kadar 5% mempunyai nilai kuat tarik belah 8,7% diatas variasi 0%
- Pemakaian abu kayu pada beton sebagai bahan pengganti sebagian semen (*cementitious*) akan menghasilkan kualitas beton yang kurang baik jika diberikan pada kadar yang relatif banyak atau lebih dari 5% kadar abu kayu.
- Biaya pada beton per m³ untuk beton dengan Abu kayu kadar 5% sebesar Rp. 1,019,877.01/m³. Penambahan abu kayu dengan variasi 5% memberikan penurunan harga beton per m³ semakin murah.
- Berdasarkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah pada kadar abu kayu 5% memberikan hasil yang baik

dan dapat memberikan keuntungan dengan penurunan biaya Rp 25,488.54/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alkhaly. Y, dkk. 2016. *Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen pada Pembuatan Beton*;. Jurnal. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 1991. *SNI 03-2530-1991 Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-6826-2002 Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland dengan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [5] Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-6826-2002 Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland dengan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 2531:2015 Metode Uji Densitas Hidraulis (ASTM C 188-95 (2003), MOD)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1970-2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: BSN.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: BSN.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga dalam Agregat*. Jakarta: BSN.
- [10] Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 2816-2014: Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton*. Jakarta: BSN.
- [11] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung: BSN.
- [12] Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 2491-2014: Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*: Jakarta: BSN.
- [13] Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: BSN.
- [14] Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 73942008:Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*. Jakarta: BSN.
- [15] Girsang, Febrina. 2017. *Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*;. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Medan Area.

- [16] Habibi, Naufal. 2018. *Pemanfaatan Abu Serabut Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton Normal untuk Rumah Tinggal*; Skripsi. Program Studi Manajemen Rekayasa Kontruksi. Teknik Sipil. Politeknik Negeri Malang.
- [17] Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [18] Utami. C.W. 2013. *Analisis Penyebab Perubahan Dari Perajin Genteng Menjadi Perajin Batu Bata Kelurahan Kawedan Kabupaten Magetan*; Skripsi. Fakultas Ilmu Sosial. Universitas Negeri Surabaya.