PEMANFAATAN ABU LIMBAH GERGAJI KAYU SEBAGAI CAMPURAN PEMBUATAN BETON

Melvin Junius Indra[1], Christianto Tjondro[2] Handoko Sugiharto[3]

ABSTRAK : Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan material *wood ash*, khususnya sebagai material pengganti semen (*pozzolan*) telah dilakukan. Penelitian ini berfokus pada pengaruh penggunaan *wood ash* sebagai bahan campuran beton terhadap *workability*, kuat tekan dan kuat tarik dari beton. Presentase penggantian kadar semen dengan *wood ash* yang digunakan adalah sebesar 10%, 15% dan 20%. Tes *X-Ray Fluorescence* dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari abu kayu tersebut. Hasil menunjukkan bahwa *wood ash* yang digunakan merupakan *pozzolan* tipe C dengan total kadar SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 sebesar 63.97%. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7,14, dan 28 hari. Sedangkan uji tarik dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa beton dengan *wood ash* memiliki *workability* yang lebih rendah dibandingkan beton yang tanpa *wood ash*. Dari segi kekuatan, beton dengan *wood ash* memiliki kuat tekan dan kuat tarik yang masih berada dibawah kekuatan beton normal namun memiliki perkembangan kekuatan yang lebih baik dibandingkan beton normal.

KATA KUNCI: *wood ash*, *pozzolan*, *workability*, kuat tekan, kuat tarik

1. PENDAHULUAN

Sebagai bahan konstruksi, beton menggunakan semen *portland* sebagai bahan pengisi utamanya. Dalam produksi satu ton semen *portland*, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Hardjito, 2001). Seiring dengan bertumbuhnya produksi semen, dihasilkan pula gas karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah yang banyak sehingga sangat mempengaruhi kondisi atmosfer dan mempercepat terjadinya pemanasan global (*global warming*). Menurut *International Energy Authority* : *World Energy Outlook*, produksi semen *portland* menyumbang 7% dari keseluruhan karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan oleh berbagai sumber. Celakanya, teknologi produksi semen di Indonesia cenderung boros energi dan menimbulkan emisi CO_2 yang menyumbang pada kenaikan suhu global (Sobirno, 2012).

Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinnya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang menjanjikan (Hardjito, 2001). Salah satunya dengan menggunakan *wood ash* dari hasil pembakaran limbah industri gergajian kayu yang tersedia cukup banyak.

[1] *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, meilz_vinz@hotmail.com*
[2] *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hristian9126@yahoo.com*
[3] *Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@peter.petra.ac.id*

Penelitian tentang *wood ash* pernah dilakukan oleh (Abdullahi, 2006). Penelitian ini meneliti sifat dari abu kayu tersebut terhadap campuran beton dengan menganalisa kandungan kimia dari abu kayu, analisis ayakan (*sieve analysis*), *specific gravity* dari abu kayu dan agregat, *setting time*, dan *slump test*. Menggunakan komposisi *mix design* 1PC : 2PS : 4KR dengan persentase penggantian semen dengan abu kayu sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Dari hasil analisa, kandungan kimia abu kayu tersebut memiliki komposisi ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) sebesar 62,14% dimana nilai tersebut lebih rendah dari yang disyaratkan ASTM C-618 yaitu sebesar 70%. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan (*Compressive Strength Test*) pada umur 28 dan 60 hari dengan benda uji kubus 150 mm x 150 mm. Hasil dari tes tersebut menunjukkan bahwa abu kayu sedikit *pozzolanic*, kebutuhan air meningkat dengan meningkatnya kadar abu kayu, *setting time* meningkat dengan meningkatnya kadar abu kayu, kuat tekan meningkat pada umur 60 hari dengan penggantian optimal semen dengan abu kayu sebesar 20%.

Berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya, peneliti ingin mencoba menggantikan kadar semen dengan *wood ash* kedalam campuran beton dengan proporsi 10%, 15%, dan 20%. Abu kayu yang digunakan berasal dari jenis kayu meranti, kamper, dan bengkirai yang dibakar menggunakan *incinerator* dengan suhu *treatment* 600°C selama 2-3 jam. Kemudian dilakukan Tes *X-Ray Fluorescence* untuk mengetahui kandungan kimianya. Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui *workability*, kuat tekan, dan kuat tarik untuk melihat kontribusi *wood ash* sebagai material *pozzolan* pengganti semen.

2. LANDASAN TEORI

Pozzolan adalah suatu material tambahan yang berasal dari alam dan batuan, yang sebagian besar memiliki kandungan senyawa silika (Si) dan alumina (Al), dimana *pozzolan* mampu bereaksi terhadap senyawa $Ca(OH)_2$ hasil dari reaksi hidrasi antara semen dan air.

Pozzolan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

a) *Pozzolan* alam :
   Bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau larva gunung yang mengandung silika aktif (*volcanic ash*).
b) *Pozzolan* buatan :
   Jenis ini merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*), *silica fume,* dan lainnya.

Berdasarkan *ACI Manual for Concrete practice 1993 part I 226.3R-3,*bahan *pozzolan* dibedakan menjadi tiga jenis (Limantara & Sugiarto, 2010), yaitu:

1. Tipe C
   Fly ash yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara (batubara muda).
   a. Kadar ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) > 50%
   b. Kadar CaO mencapai 10%
   Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.
2. Tipe F
   Fly Ash yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara.
   a. Kadar ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) > 70%
   b. Kadar CaO < 5%
   Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.
3. Tipe N
   Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain *diatomic soil, opaline chertz, shales, tuff,* dan *volcanic ash,* dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga memiliki sifat *pozzolan* yang baik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah persiapan material serbuk kayu berupa *treatment* dengan cara pembakaran.

Proses *treatment* ini dilakukan dengan membakar serbuk kayu dengan menggunakan *incinerator* yang dipertahankan dengan suhu 600°C selama 2-3 jam. Proses ini dimaksudkan untuk merubah komposisi senyawa serbuk kayu menjadi abu kayu yang diharapkan dapat memberikan kontribusi senyawa *pozzolan* pada campuran beton.

Pengujian material dilakukan terhadap *wood ash* berupa XRF (*X-Ray Flouresence*). Setelah itu dilakukan *mix design* dengan variabel penambahan wood ash yang bervariasi antara 10%,15%, dan 20% dari berat semen. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan sampel.

Pembuatan sampel ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu sampel untuk tes tekan yang menggunakan cetakan kubus dengan ukuran 10x10x10 cm^3 dan untuk tes tarik menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30 cm. Sampel beton dibuat berdasarkan *mix design* dengan menggunakan komposisi *wood ash* yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Rasio perbandingan air dan *cementitious material* sebesar 0.5 yang kemudian dilakukan *slump test* untuk mengetahui *workability* dari pada beton yang dibuat.

Tahap selanjutnya adalah pengetesan untuk kuat tekan dan kuat tarik pada beton yang telah dibuat pada umut 7, 14, dan 28 hari untuk tes tekan, sedangkan untuk tes tarik akan diuji pada umur beton 7 dan 28 hari. Pengetesan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* di Laboratorium Beton Universitas Kristen Petra. Hasil pengetesan kemudian diolah untuk mendapatkan pengaruh penambahan *wood ash* terhadap kekuatan beton.

Tabel 1. Perhitungan *Mix Design* untuk Pengujian *Compressive Strength dan Splitting Strength*

Material	**WA-0% (kg/m^3)**	**WA-10% (kg/m^3)**	**WA-15% (kg/m^3)**	**WA-20% (kg/m^3)**
Semen	369.23	332.31	313.85	295.38
Agregat Halus	738.46	738.46	738.46	738.46
Agregat Kasar	1107.69	1107.69	1107.69	1107.69
Air	184.62	184.62	184.62	184.62
Wood Ash	0	36.92	55.38	73.85
Total	2400	2400	2400	2400

4. HASIL DAN ANALISA

4.1. Analisa XRF *Wood Ash*

Analisa material *wood ash* digunakan metode XRF untuk mengetahui karakteristik dari *wood ash*. Berdasarkan hasil analisa XRF, kandungan *wood ash* telah memenuhi syarat sebagai bahan *pozzolan*, karena memiliki nilai SiO_2, Fe_2O_3, dan Al_2O_3 yang lebih besar dari 50%. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, kandungan sampel *wood ash* menyerupai sampel pada penelitian (Raheem, Olasunkanmi, & Folorunso, 2012) dan (Abdullahi, 2006) seperti yang ditunjukan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kandungan Senyawa *Pozzolan Wood Ash*

No	Kandungan Kimia	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	SiO_2	65.75	31.8	34.97
2	Al_2O_3	5.23	28	13.03
3	Fe_2O_3	2.09	2.34	15.97
4	SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3	73.07	62.14	63.97
5	K_2O	2.43	10.38	3.27
6	CaO	9.62	10.53	20.72
7	MgO	4.09	9.32	5.45
8	Na_2O	0.06	6.5	1.89

Sumber :
1. Sampel *wood ash* (Raheem et al., 2012).
2. Sampel *wood ash* (Abdullahi, 2006).
3. Sampel *wood ash* yang diuji.

Menurut ASTM C-618 untuk *pozzolan* dengan kadar kandungan SiO_2, Fe_2O_3, dan Al_2O_3 minimum 70% dapat dikatakan sebagai *Pozzolan Class* N maupun *Pozzolan Class* F. Sedangkan untuk *Pozzolan Class* C disyaratkan kandungan SiO_2, Fe_2O_3, dan Al_2O_3 minimum 50%. Pada **Tabel 2** terlihat bahwa sampel *wood ash* yang kami uji memiliki kandungan SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3 sebesar 63,97%. Oleh karena itu sampel *wood ash* tersebut dapat dikategorikan sebagai *Pozzolan Class* C.

Dari hasil test *wood ash* kami terlihat bahwa kandungan MgO > 5% yaitu sebesar 5.45%, dimana menurut persyaratan untuk kandungan semen pada ASTM C-150 disyaratkan kandungan MgO < 6%, sedangkan untuk JIS R-5210 disyaratkan kandungan MgO < 5%, dan untuk pabrik produksi semen dibatasi untuk kandungan MgO-nya kurang dari 2% (Nofrita, 2008). Karena kandungan MgO ini sangat berbahaya bagi semen dan beton bila jumlahnya yang terlalu besar, yang dapat menyebabkan keretakan pada beton dan dapat mengurangi kuat tekan beton.

4.2. Pengujian *Workability* pada Beton

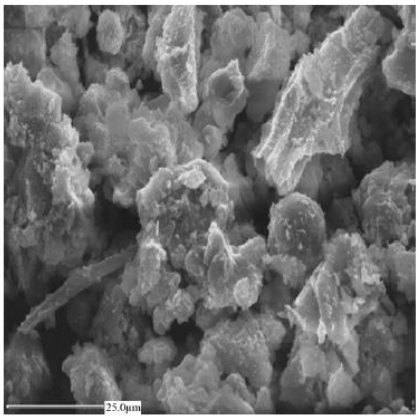
Slump Test dilakukan pada saat semua material telah tercampur dengan baik di dalam molen. *Slump Test* ini dilakukan untuk mengetahui *workability* dari campuran beton tersebut. Pada percobaan ini mulanya penggunaan air (*w*/*c*) sebesar 0.5 sesuai dengan *mix design* yang direncanakan. Namun karena nilai *slump* yang dihasilkan rendah, sehingga kami melakukan penambahan air sebesar ± 500 ml hingga nilai *slump* yang dihasilkan mencapai 8-12 cm sesuai dengan persyaratan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengerjaan (kelecakan) dan untuk menghindari segregasi pada beton. Untuk hasil *slump test* tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. *Slump Test*

Cement **(kg/m^3)**	**Persentase** ***Wood Ash***	***Slump*** **(cm)**
369.23	0%	9
	10%	8.5
	15%	8
	20%	9

Dari **Tabel 3** dapat dilihat bahwa campuran dengan kadar *Wood Ash* 0% memiliki nilai *slump* yang terbesar tanpa melihat persentase 20%. Hal ini dikarenakan beton dengan *wood ash* sebesar 20% mengalami kenaikan nilai *slump*-nya akibat dari sampel pasir yang digunakan berbeda dengan

persentase lainnya sehingga menyebabkan *w/c* yang tidak sama. Dari hasil *slump* dapat disimpulkan bahwa beton dengan *wood ash* memiliki *workability* yang lebih buruk daripada beton tanpa *wood ash*. Hal ini terjadi karena *wood ash* memiliki struktur yang tidak beraturan dan berpori sehingga menyerap air dalam campuran beton. Struktur dari *wood ash* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

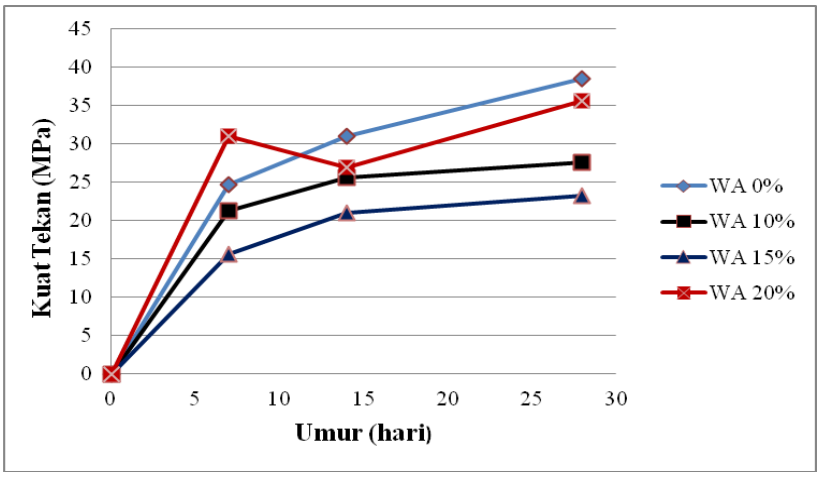


Gambar 1. Struktur *Wood Ash*

4.3. *Compressive Strength Test*

Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Universal Testing Machine* pada umur sampel 7, 14, dan 28 hari. Dari pengujian yang dilakukan, dihasilkan bahwa kuat tekan beton dengan *wood ash* lebih rendah dibandingkan beton tanpa *wood ash*. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dari **Gambar 2**, didapatkan bahwa penggunaan kadar *wood ash* sebesar 10% dapat digunakan sebagai material *pozzolan* dan menghasilkan kuat tekan yang paling efektif tanpa melihat persentase 20% dikarenakan penggunan sampel pasir yang berbeda yang menyebabkan nilai *w/c* yang tidak sama. Dari **Tabel 4** dapat dilihat nilai *Strength Activity Index* (SAI), dimana dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa beton dengan *wood ash* cenderung memiliki nilai SAI yang lebih besar dari 75%. Sehingga menurut ASTM C-311 *wood ash* yang kami pakai dapat dikatakan sebagai *pozzolan* yang baik.



Gambar 2. *Compressive Strength* dengan Campuran *Wood Ash* 0%, 10%, 15%, 20%

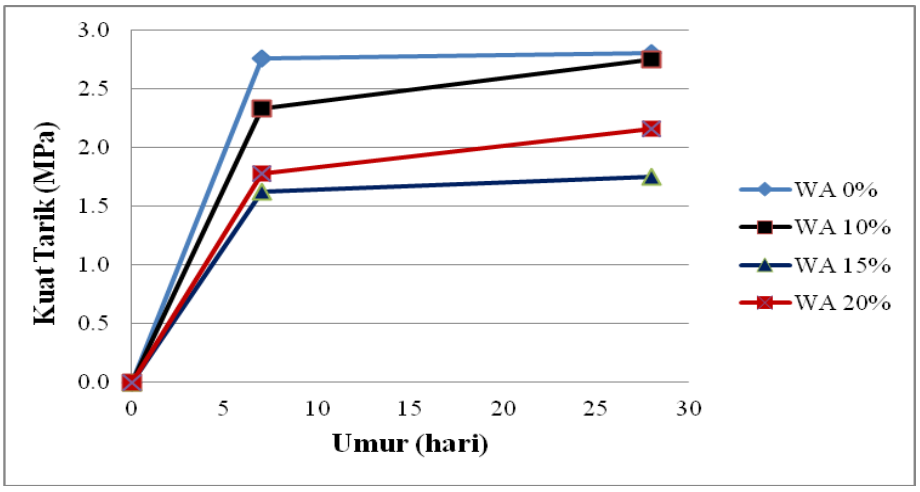
Tabel 4. *Compressive Strength* dan *Strength Activity Index* (SAI) pada Umur Beton 7 hari (7D), 14 hari (14D), 28 hari (28D)

Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 14 hari		Kuat Tekan 28 hari	
	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)
WA - 0%	24.67	100	31.03	100	38.5	100
WA - 10%	21.33	86.49	25.67	82.71	27.67	71.86
WA - 15%	15.6	63.24	21	67.67	23.3	60.52
WA - 20%	31	125.68	27	87.00	35.7	92.73

4.4. *Splitting Tensile Strength Test*

Pengujian kuat tarik beton menggunakan alat *Universal Testing Machine* pada umur sampel 7, dan 28 hari. Dari pengujian yang dilakukan, dihasilkan bahwa kuat tarik beton dengan *wood ash* lebih rendah dibandingkan beton tanpa *wood ash*. Hasil pengujian kuat tarik dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Dari **Gambar 3**, didapatkan bahwa penggunaan kadar *wood ash* sebesar 10% dapat digunakan sebagai memiliki kuat tarik yang paling efektif di antara variasi penggunaan kadar penggantian 10%-20% sebesar 26.89 kg/cm^2 yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.



Gambar 3. *Splitting Tensile Strength* dengan Campuran *Wood Ash* 0%, 10%, 15%, 20%

Tabel 5. *Splitting Tensile Strength*

Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 28 hari	
	KN	MPa	KN	MPa
WA - 0%	195	2.76	208	2.81
WA - 10%	165	2.34	190	2.75
WA - 15%	115	1.63	123	1.76
WA - 20%	126	1.78	165	2.17

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan menganalisa data-data di laboratorium dan juga dibandingkan dengan studi pustaka lainnya, dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari segi *workability*, beton dengan *wood ash* memiliki tingkat kelecakan yang lebih buruk dari pada beton konvensional. Hal tersebut terjadi karena bentuk struktur dari *wood ash* yang tidak beraturan. Selain itu bentuk struktur *wood ash* yang berpori juga menyebabkan air terserap lebih banyak dan menyebabkan *workability* menjadi rendah.
2. Dari segi kekuatan, beton dengan campuran *wood ash* memiliki kuat tekan maupun kuat tarik yang masih lebih rendah bila dibandingkan dengan beton yang tanpa menggunakan *wood ash*. Hal ini dikarenakan *wood ash* digunakan sebagai bahan subtitusi semen, dimana semen merupakan penyumbang kekuatan yang cukup signifikan pada campuran beton.
3. Dari segi *strength development*, beton dengan campuran *wood ash* memiliki perkembangan kekuatan yang baik dibandingkan dengan beton yang tanpa menggunakan *wood ash*. Hal ini dapat dilihat dari kecuraman sudut pada grafik *strength development.*
4. *Wood ash* dapat digunakan sebagai bahan *pozzolan* karena memiliki nilai SAI yang lebih besar dari 75% dan berbentuk amorf.
5. Kadar paling efektif dalam penggantian kadar semen dengan *wood ash* untuk kuat tarik dan kuat tekan adalah pada kadar 10% tanpa melihat persentase kadar 20% untuk kuat tekannnya dikarenakan sampel pasir yang digunakan pada kadar 20% tidak sama dengan kadar lainnya.
6. Dari segi kekuatan, beton dengan kandungan *wood ash* 10% dapat digunakan sebagai beton struktural, hal ini dapat dilihat pada kekuatan tekan beton dengan subtitusi 10% *wood ash* pada umur 28 hari memiliki kekuatan tekan yang cukup signifikan dan hampir menyamai beton yang tanpa menggunakan *wood ash*.

6. DAFTAR REFERENSI

Abdullahi, M. (2006)." Characteristics of Wood ASH / OPC Concrete." *Leonardo Electronic Journal of Practies and Technologies*, (8), 9–16.

Hardjito, D. (2001). "Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen." Retrieved from http://betoncoid.wordpress.com/2008/06/30/abu-terbang-solusi-pencemaran-semen/

Limantara, S., & Sugiarto, H. (2010). "*Penelitian Awal pada High Volume Fly Ash Concrete*." Universitas Kristen Petra.

Nofrita, R. (2008). "Efek Penambahan MgO terhadap Warna dan Kualitas Semen Portland Pozzolan." Retrieved from bennaogest.blogspot.com/2011/09/v-behaviorurldefaultvmlo.html

Raheem, a. a., Olasunkanmi, B. S., & Folorunso, C. S. (2012). "Saw Dust Ash as Partial Replacement for Cement in Concrete." *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 4(2), 474–480. doi:10.5592/otmcj.2012.2.3

Sobirno. (2012). "Pabrik Semen dan Ancaman Ekologis _ Website Omah Kendeng." Retrieved from http://omahkendeng.org/2012-11/759/pabrik-semen-dan-ancaman-ekologis/