

PENGUNAAN LIMBAH ABU KAYU BAKAR HALUS LOLOS SARINGAN NO. 325 SEBAGAI PENGANTI *POWDER* PADA BETON *SELF-COMPACTING CONCRETE*

DANI MUHAMAD RAMDAN¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : danimr141201@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pemanfaatan limbah abu kayu bakar halus (lolos saringan no. 325) sebagai pengganti *powder* pada beton self-compacting concrete (SCC). Abu kayu dipilih karena kandungan silika, kalsium, dan alumina yang berpotensi meningkatkan kualitas beton sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Variasi substitusi yang digunakan adalah 0%, 50%, dan 100% terhadap *fly ash*. Hasil uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari menunjukkan peningkatan signifikan pada campuran dengan 50% substitusi, yang mencapai 38,653 MPa atau 17,977% lebih tinggi dibanding beton normal. Sementara itu, substitusi penuh 100% memerlukan penambahan faktor air-semen 30% agar campuran dapat dicetak, dengan kuat tekan 32,015 MPa pada 28 hari. Secara keseluruhan, abu kayu bakar halus terbukti dapat meningkatkan performa beton SCC, terutama pada penggunaan parsial 50%, serta berpotensi sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti *filler* konvensional.

Kata Kunci : beton memadat sendiri, *powder*, abu kayu bakar halus, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, tren global dalam industri konstruksi telah mendorong pemakaian material yang tidak hanya berkinerja tinggi, tapi juga hemat dan ramah lingkungan. Cahaya ini sangat cocok dengan penggunaan *Self-Compacting Concrete* (SCC), yang menawarkan kemudahan karena mengalir dan memadat sendiri tanpa bantu mekanis, sehingga mempercepat konstruksi dan meningkatkan kualitas hasil akhir.

SCC memang membutuhkan *filler* dan *admixture* lebih banyak dibanding beton konvensional untuk menjaga viskositas, *workability*, dan menghindari segregasi. Saat ini, *filler* seperti semen *Portland*, *fly ash*, *silica fume*, atau *limestone powder* masih dominan, tetapi bahan-bahan ini memiliki biaya dan dampak karbon yang relatif tinggi.

Salah satunya adalah abu kayu bakar halus. Limbah ini merupakan produk sampingan dari pembakaran kayu di pembangkit biomassa, industri pengolahan kayu, maupun rumah tangga. Sayangnya, abu kayu kerap dibuang ke lingkungan terbuka atau ke tempat pembuangan akhir, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran tanah, udara, dan air. Padahal, abu kayu kaya akan senyawa penting seperti silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), dan alumina (Al_2O_3) yang dapat berperan dalam proses pengikatan beton. Abu kayu bakar (*wood ash*) muncul sebagai alternatif berkelanjutan untuk *fly ash*. Kandungan silika, alumina,

dan oksida kalsium di dalamnya cukup tinggi untuk bertindak sebagai mineral tambahan (SCM) yang potensial dalam beton. Penelitian seperti oleh Ristić et al. menunjukkan bahwa substitusi biomassa abu kayu bakar dalam SCC (hingga 20 %) dapat mempertahankan kekuatan mekanik, serta memperbaiki viskositas, mencegah segregasi dan *bleeding* meskipun *workability* sedikit berkurang, dan ketahanan terhadap *freeze-thaw* menurun dengan peningkatan dosis.

Secara lebih umum, review oleh Li et al. menyatakan bahwa wood ash memiliki potensi sebagai pengganti cement hingga kisaran 10–20 %, dengan profil keberlanjutan yang menjanjikan, meski masih dibutuhkan lebih banyak penelitian tentang daya tahan dan variasi kualitas ash.

Selain itu, penelitian lain mencatat bahwa substitusi *wood ash* pada rentang 5–25 % dapat memperbaiki kekuatan tekan beton, berkat efek *filler* yang meningkatkan kepadatan struktur beton—meski efek ini bisa terbalik (kekuatan menurun) pada persentase tinggi.

Namun, tantangan nyata ada pada keragaman sifat abu tergantung jenis kayu, suhu pembakaran, dan proses penanganannya yang memengaruhi konsistensi kinerja material dalam beton. Rinciannya meliputi ukuran partikel yang *superfine*, potensi kandungan alkali tinggi, dan LOI (*loss on ignition*) yang bisa mengganggu ikatan matriks semen.

Dalam konteks menuju masa depan yang lebih hijau, *wood ash* jelas menawarkan peluang signifikan sebagai pengganti *fly ash* di SCC menurunkan jejak karbon, mengurangi limbah, sekaligus mempertahankan atau meningkatkan performa beton. Tapi untuk implementasi optimal dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai karakteristik kimia-fisik abu, tahapan pengolahan seperti penghalusan dan ayakan, serta optimasi proporsi campuran yang tepat.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material dan Beton, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung (ITENAS). Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi literatur – dilakukan untuk menelaah pemanfaatan abu kayu bakar halus sebagai filler pada beton memadat sendiri.
2. Persiapan material – meliputi pengujian awal terhadap bahan yang digunakan, seperti analisis saringan, pengukuran berat jenis, berat isi, kadar air, serta kandungan lumpur.
3. Perancangan campuran (*mix design*) – dilakukan dengan mensubstitusi abu kayu bakar halus sebagai pengganti fly ash dengan variasi 0%, 50%, dan 100%.
4. Pembuatan benda uji – komposisi campuran beton terdiri atas semen *Portland* tipe I (Semen Tiga Roda), agregat halus berupa pasir Galunggung, agregat kasar berupa kerikil ukuran 10 mm, air, superplasticizer (SikaVisconcrete-3115N), serta filler (*fly ash* dan abu kayu bakar halus yang lolos saringan no. 325). Campuran dicetak menggunakan cetakan silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Setelah pencetakan, benda uji dirawat dengan cara dibungkus karung goni basah untuk menjaga kelembaban.
5. Pengujian kuat tekan – dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) pada umur 7, 14, dan 28 hari guna mengevaluasi pengaruh substitusi abu kayu halus terhadap performa beton SCC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pengujian Material Sebelum proses pencampuran beton dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap material yang digunakan agar kualitasnya sesuai dengan perencanaan. Hasil pengujian meliputi agregat kasar, agregat halus, semen, serta *filler* berupa *fly ash* dan abu kayu bakar halus (lolos saringan no. 325). Berdasarkan hasil pengujian, agregat kasar memiliki analisa saringan sebesar 1,957%, berat jenis 3,520 gr/cm³, berat isi 1,24 gr/cm³, kadar air 4,584%, dan kadar lumpur 3,227%. Agregat halus menunjukkan nilai analisa saringan 3,269%, berat jenis 2,628 gr/cm³, berat isi 1,572 gr/cm³, kadar air 3,763%, serta kadar lumpur 4,052%. Untuk material semen yang digunakan, yaitu semen *Portland Type 1*, diperoleh berat jenis sebesar 3,127 gr/cm³. Sementara itu, *filler* berupa *fly ash* memiliki berat jenis 2,786 gr/cm³, dan abu kayu bakar halus lolos saringan no. 325 menunjukkan berat jenis 2,703 gr/cm³. *Mix Design* beton silinder dirancang untuk menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 40 MPa (kuat tekan rencana 28 MPa ditambah deviasi standar 12 MPa). Pada penelitian ini, *fly ash* digantikan sebagian atau seluruhnya dengan abu kayu bakar halus, sekaligus dilakukan substitusi sebagian pasir. Tujuannya adalah memperoleh komposisi beton memadat sendiri (SCC) dengan kinerja terbaik, baik dari segi workability maupun kuat tekan. Diliat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1 Mix Design Beton SCC Dengan Kadar 0% Abu Kayu Bakar Halus #325

Perhitungan Beton Tanpa Abu Kayu Bakar	
Material	V1 (100% Fly Ash : 0 % Abu Kayu Bakar)
	(kg/m ³)
Air	213,33
Semen	416,26
Batu Pecah	620,00
Pasir	863,94
Fly Ash	104,07
Superplaticizer	9,37
Total	2226,96

Tabel 2 Mix Design Beton SCC Dengan Kadar 50% dan 100% Abu Kayu Bakar Halus #325

Perhitungan Beton Subtitusi Abu Kayu Bakar Terhadap Fly Ash			
Material	V2	V3	V3 MOD
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
Air	213,333	213,333	277,333
Semen	416,260	416,260	416,260
Batu Pecah	620,000	620,000	620,000
Pasir	863,938	863,938	863,938
Powder	Fly Ash	52,033	0,000
	Abu Kayu Bakar	50,498	100,997
Superplaticizer	9,366	9,366	12,176
Total	2225,43	2223,89	2290,70

Variasi 2 memiliki kadar 50% abu kayu halus. Namun pada variasi 3 dengan kadar 100% abu kayu halus, campuran tidak dapat dicetak karena sifat abu kayu yang sangat menyerap air, sehingga campuran menjadi kekurangan air. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi pada variasi ini dengan menambahkan 30% faktor air-semen agar campuran dapat dicetak dengan baik menjadi variasi 3 MOD. Pembuatan dan Perawat Benda Uji Benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan jumlah total 28 sampel. Perancangan jumlah sampel mengacu pada kombinasi SNI 03-2834-2000 serta metode *simple mix design* Okamura. Variasi dibuat untuk pengujian pada umur 7, 14, dan 28 hari. Dapat dilihat pada

Tabel 3.

Tabel 3 Total Kebutuhan Benda Uji

Tabel Variasi						
Variasi	Powder		Umur Benda Uji			Total Benda Uji
	Fly Ash	Abu Kayu Bakar No. 200	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
1	100%	0%	4	4	4	12
2	50%	50%	-	-	4	4
3	0%	100%	Tidak bisa dicetak			0
3 MOD	0%	100%	4	4	4	12
Total						28

Perawatan (*curing*) dilakukan dengan cara melapisi benda uji menggunakan karung goni basah untuk menjaga kelembaban selama masa pengerasan, sehingga proses hidrasi semen dapat berlangsung optimal hingga umur pengujian. Contoh metode perawatan ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Perawatan Benda Uji Dengan Dilapisi Karung Goni Basah

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan variasi abu kayu halus 0%, 50%, dan 100%. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4**, **Tabel 5**, dan **Tabel 6**.

Tabel 4 Hasil Pertumbuhan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Kuat Tekan Beton SCC Umur 7 Hari				
Variasi	Sampel	Berat Beton (gr)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
V1 (100% Fly Ash)	1	3500	17,33	16,778
	2	3480	17,43	
	3	3500	19,22	
	4	3410	13,13	
V7 MOD (0% Fly Ash;100% Abu Kayu Bakar dan FAS +30%)	1	3475	25,25	24,043
	2	3380	22,91	
	3	3400	22,40	
	4	3385	25,61	

Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 3 (100% abu kayu halus, modifikasi air-semen) dengan nilai 24,043 MPa, meningkat sekitar 43,3% dibanding beton kontrol (16,778 MPa).

Tabel 5 Hasil Pertumbuhan Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari

Kuat Tekan Beton SCC Umur 14 Hari				
Variasi	Sampel	Berat Beton (gr)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
V1 (100% Fly Ash)	1	3430	20,81	22,753
	2	3405	22,34	
	3	3430	22,61	
	4	3430	25,25	
V7 MOD (0% Fly Ash;100% Abu Kayu Bakar dan FAS +30%)	1	3440	24,85	24,433
	2	3390	23,05	
	3	3365	24,58	
	4	3415	25,25	

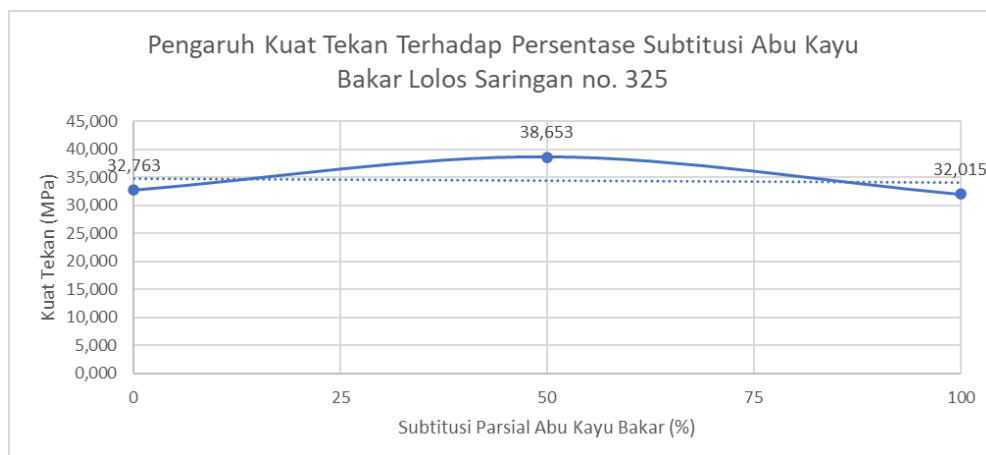
Variasi 3 kembali menunjukkan hasil tertinggi yaitu 24,433 MPa, lebih tinggi 7,38% dari kontrol (22,753 MPa).

Tabel 6 Hasil Pertumbuhan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Kuat Tekan Beton SCC Umur 28 Hari				
Variasi	Sampel	Berat Beton (gr)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
V1 (100% Fly Ash)	1	3540	36,94	32,763
	2	3580	34,72	
	3	3515	32,54	
	4	3495	26,85	
V2 (50% Fly Ash; 50% Abu Kayu Bakar No.325)	1	3540	40,40	38,653
	2	3515	39,44	
	3	3440	38,11	
	4	3435	36,66	
V3 (0% Fly Ash; 100% Abu Kayu Bakar No.325)	1	-	-	Tidak Bisa Dicetak
	2	-	-	
	3	-	-	
	4	-	-	
V3 MOD (0% Fly Ash; 100% Abu Kayu Bakar No.325 dan FAS +30%)	1	3415	31,75	32,015
	2	3375	31,59	
	3	3340	32,33	
	4	3410	32,39	

Variasi 2 (50% abu kayu halus) memberikan hasil tertinggi, yaitu 38,653 MPa atau meningkat 17,977% dibanding beton normal (32,763 MPa). Sedangkan variasi 3 (100% abu kayu halus dengan tambahan faktor air-semen) menghasilkan kuat tekan 32,015 MPa, sedikit lebih rendah (-2,283%) dari beton kontrol.

Perbandingan hasil tersebut digambarkan pada kurva hubungan kuat tekan dengan persentase substitusi abu kayu halus, dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Kurva Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Persentase Substitusi Abu Kayu Bakar Halus Lolos Saringan No. 325

Secara umum, penggunaan abu kayu halus sebagai *filler* mampu meningkatkan kuat tekan beton SCC, terutama pada persentase 50%. Pada 100% substitusi, meskipun mampu dicetak setelah modifikasi faktor air-semen, hasil kuat tekan relatif lebih rendah dibandingkan variasi 50%.

4. KESIMPULAN

Penggunaan abu kayu bakar halus yang lolos saringan no. 325 sebagai substitusi *fly ash* pada campuran beton memadat sendiri menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan dibanding beton kontrol. Peningkatan paling signifikan diperoleh pada campuran dengan kadar substitusi 50%, yang mencapai kuat tekan 38,653 MPa.

Dengan demikian, pemanfaatan abu kayu bakar halus dapat berkontribusi positif terhadap peningkatan mutu beton normal. Pada kadar 100%, penggunaan abu kayu masih memungkinkan, tetapi membutuhkan penyesuaian berupa penambahan faktor air-semen sebesar 30% agar campuran dapat dicetak. Hasil modifikasi ini mampu memenuhi target kuat tekan rencana sebesar 28 MPa, meskipun performanya tidak lebih tinggi dibanding substitusi parsial 50%.

Daftar Pustaka

- Ngudiyono, N., & Sulistyowati, T. (2022). Pemanfaatan Abu Limbah Kayu Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton Normal, <https://spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/251>
- Sulaiman YH. (2010), Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton, <https://e-jurnal.pnl.ac.id/portal/article/view/492>
- Eka Susanti*, Dewi Kusumaningrum, Jaka Propika, Heri Istiono, Primario Jatupasha, Pemanfaatan Abu Kayu dan Fly Ash sebagai Material Pengganti Sebagian Semen. <https://ejurnal.itats.ac.id/jtm/article/view/4563>
- Ristić, N., Grdić, Z., Topličić-Ćurčić, G., Grdić, D., & Dodevski, V. 2021. Properties of self-compacting concrete produced with biomass wood ash. Tehnički Vjesnik, 28(2): 495–502. <https://hrcak.srce.hr/file/371877>
- Li, X., dkk. 2023. Wood ash as sustainable alternative raw material for the production of concrete—A review. Materials. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10095573/>