

Analisis Pengaruh Penambahan Abu Batu (*Rock Ash*) ke Dalam Pasta Semen Terhadap Waktu Pengikatan Awal

Okky Kurnia Putra^{1,*}, Galuh Alfanti¹

¹Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275,

*Corresponding author. E-mail: okputra50@gmail.com

Submisi: 26 Oktober 2022; Penerimaan: 30 Desember 2022.

ABSTRAK

Abu batu merupakan limbah hasil penggerusan batu pecah produksi dari praktikum keausan agregat kasar menggunakan mesin abrasi. Limbah abu batu yang terkumpul sampai saat ini hanya ditimbun di area laboratorium. Penimbunan limbah abu batu dalam kurun waktu yang lama akan mengganggu lingkungan laboratorium seperti polusi udara dan menyebabkan terjadinya kantong lumpur di saluran drainase akibat abu batu yang ikut hanyut pada saat hujan. Untuk mengurangi penimbunan abu batu maka diperlukan pemanfaatan lanjut sehingga menjadi bahan yang berguna. Salah satu pemanfaatan limbah tersebut adalah untuk dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap waktu ikat awal semen. Waktu pengikatan awal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk semen bereaksi dengan air sampai menjadi pasta dan mulai menurun sifat plastisitasnya. Standar waktu pengikatan awal adalah 1-2 jam. Penelitian ini dilakukan dengan penambahan variasi persentase abu batu sebesar 0%, 5%, 10%, 15% terhadap pasta semen dan dilakukan pengujian ikat awal menggunakan alat vicat. Analisis dari penambahan abu batu terhadap pasta semen menunjukkan bahwa abu batu dapat mempengaruhi konsistensi normal dan waktu pengikatan awal. Nilai konsistensi normal mengalami kenaikan seiring bertambahnya persentase abu batu dan nilai tertinggi terjadi pada penambahan abu batu sebesar 15% yaitu 30,40%. Metode yang digunakan dalam analisis pengikatan awal semen adalah kuantitatif yaitu dengan menggunakan kadar air yang didapatkan dari penetapan konsistensi normal dan variabel penambahan abu batu yang selanjutnya digunakan untuk pembuatan sampel pasta semen untuk diuji waktu pengikatan awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan persentase abu batu maka waktu pengikatan awal semakin meningkat. Pengikatan awal dalam kurun waktu yang lama terjadi pada persentase abu batu 15% yaitu 117,50 menit.

Kata kunci: abu batu; alat vicat; konsistensi normal; pasta semen; waktu ikat awal.

PENDAHULUAN

Semen merupakan komponen penting sebagai bahan konstruksi bangunan. Bahan bangunan ini memiliki kegunaan sebagai pengikat bahan bangunan lainnya. Semen juga berfungsi untuk merekatkan agregat-agregat dan mengisi rongga diantara agregat (Meiza, 2021). Salah satu peranan penting semen adalah sebagai bahan pembuatan beton yang dapat mengikat

batu pecah, air, dan pasir menjadi satu, namun kondisi ekonomi saat ini yang sulit dan kenaikan harga batu bara akhir-akhir ini berdampak terhadap biaya produksi semen. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk menggantikan sebagian semen dengan bahan tambah yang memiliki daya ikat seperti semen. Suatu penelitian lebih lanjut menggunakan abu batu yang dicampurkan ke dalam

pasta semen. Penggunaan abu batu dimaksudkan untuk meningkatkan mutu dan kekuatan beton dan mempengaruhi waktu pengikatan beton. Abu batu yang digunakan merupakan pemanfaatan kembali limbah produksi hasil praktikum keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles* (LA). Hal ini juga merupakan salah satu tindakan untuk mengurangi pembuangan limbah abu batu hasil produksi praktikum.

Abu batu merupakan hasil produksi penggerusan batu pecah yang memiliki kandungan silika, alumina, senyawa alkali, besi, dan kapur (Ratwitaningrum dan Setiawan, 2019). Kandungan silika yang terdapat di dalam abu batu yang sangat halus sehingga mampu mengeras bila tercampur dengan pasta semen. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase penambahan abu batu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% ke dalam pasta semen yang didasarkan pada berat semen yang dipakai untuk pengujian ikat awal semen. Apabila berat semen yang digunakan lebih banyak maka dapat digunakan variasi persentase penambahan abu batu yang lebih tinggi dan sebaliknya.

Pengikatan awal yaitu batas waktu semen untuk bereaksi dengan air menjadi pasta sampai menurun sifat plastisitasnya. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 (2004), penetapan waktu ikatan awal semen didapatkan pada saat penurunan jarum mencapai 25 mm. Waktu pengikatan awal semen pada umumnya atau *standard initial setting time* terjadi dalam kurun waktu 1-2 jam.

Retno Anggraini (2013), telah melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Variasi Penambahan *Bottom Ash* dalam Pasta Semen Terhadap Waktu Pengikatan Awal dan Akhir" didapatkan hasil variasi penambahan *bottom ash* ke dalam pasta semen bahwa *bottom ash* ini dapat menghambat

waktu ikat awal semen. Bila dibandingkan dengan penelitian ikat awal dan akhir semen tanpa menggunakan *bottom ash* yang menghasilkan waktu ikat dan akhir semen yang relatif cepat.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan dalam penelitian ini adalah semen portland merk dynamix. Semen dynamix merupakan semen portland komposit dengan kuat tekan awal yang tinggi dan cocok untuk pekerjaan umum seperti rumah, gedung bertingkat, jalan raya, beton pracetak dan pratekan, dan bangunan lainnya. Sedangkan bahan tambah yang digunakan ke dalam campuran pasta semen adalah abu batu yang didapat dari limbah produksi praktikum keausan agregat kasar dengan mesin abrasi di laboratorium bahan bangunan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Undip.

Alat

Peralatan yang digunakan seperti seperangkat alat vicat tipe CE-120 *Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle* seperti terlihat pada Gambar 1, timbangan merk virtus kapasitas 30 kg, timbangan ohaus *triple beam*, gelas ukur merk pyrex kapasitas 50 ml, pengaduk, mangkuk aduk, dan spatula.



Gambar 1. Seperangkat Alat Vicat

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium bahan bangunan dan teknologi beton Teknik Infrastruktur Sipil

dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Prosedur penelitian

Penentuan waktu pengikatan awal semen portland mengacu pada ASTM C 191-01a, Standard Test Method for Time

of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needles dan ASTM C 266-99, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Gillmore Needles. Dalam melakukan penelitian perlu dibuat rancangan jumlah sampel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan sampel

No	% abu batu	Σ Benda Uji Konsistensi Normal	Σ Benda Uji Pengikatan Awal
1	0	3	1
2	5	3	1
3	10	3	1
4	15	3	1
	Jumlah	12	4

Setelah dilakukan perencanaan jumlah sampel langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pasta semen dengan menggunakan dua langkah pengujian yaitu pengujian konsistensi normal dan pengujian ikat awal semen.

Pengujian Konsistensi Normal

Dimaksudkan untuk mendapatkan persen kadar air yang dibutuhkan pada pasta semen dalam pengujian ikat awal semen. Prosedur pengujian konsistensi normal antara lain sebagai berikut:

- Persiapan seperangkat alat vicat
- Persiapan pasta semen
Mencampur 300 gram semen dengan variasi kadar air dimulai dari 28%, 29%, 30%, dan seterusnya dari berat semen.
- Mencetak sampel
Bentuk pasta semen seperti bola dengan menggunakan kedua tangan dan lemparkan sebanyak 6 kali dari tangan satu ke tangan yang lainnya dengan jarak lemparan 15 cm. Selama pengerjaan hindarkan penekan pada pasta semen.
- Penetapan konsistensi

Tempatkan pasta semen ke dalam alat vicat, tempelkan batang peluncur vicat pada permukaan pasta dan kunci sekrup, menulis awal penunjukan batang peluncur, menulis penunjukan jarum setelah 30 detik batang peluncur dilepaskan. Selama pengujian alat harus terbebas dari gangguan.

Konsistensi normal terjadi pada saat batang peluncur menembus pada batas 10 mm di bawah permukaan pasta dalam waktu 30 detik sesudah diluncurkan (SNI 15-2049-2004, 2004). Penetapan konsistensi normal terhadap pasta semen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penetapan Konsistensi Normal

Pengujian ikat awal semen

- a) Persiapan seperangkat alat vicat
- b) Pencampuran pasta semen
Mencampur 300 gram semen dengan jumlah air dari pengujian konsistensi normal. Sampel yang dibuat adalah berdasarkan variasi persen penambahan abu batu seperti Tabel 1.
- c) Pencetakan benda uji
Bentuk pasta semen seperti bola dengan menggunakan kedua tangan dan lemparkan sebanyak 6 kali dari tangan satu ke tangan yang lainnya dengan jarak lemparan 15 cm. Selama pengerjaan hindarkan penekan pada pasta semen.
- d) Penetapan waktu pengikatan
Tempatkan pasta semen ke dalam alat vicat, tempelkan jarum vicat pada permukaan pasta dan kunci sekrup, menulis awal penunjukan jarum, menulis penunjukan jarum sesudah 30 detik jarum dilepaskan, memperhatikan penunjukan jarum setiap 15 menit sampai dihasilkan penetrasi yang lebih kecil dari 25 mm kemudian catat waktunya. Waktu pengikatan tidak selalu dipengaruhi oleh kadar air, dan jumlah pasta semen, tetapi juga disebabkan oleh temperatur udara sekitar penelitian. Penetapan waktu pengikatan awal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penetapan waktu ikat awal

HASIL DAN PEMBAHASAN**Uji konsistensi normal**

Hasil pengujian konsistensi normal terhadap campuran pasta semen dengan abu batu yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Sekolah Vokasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian konsistensi normal

No	Kadar abu batu (%)	Kadar Air (%)
1	0	27,37
2	5	28,05
3	10	29,02
4	15	30,40

Berdasarkan Tabel 2 uji konsistensi normal terhadap campuran pasta semen dan abu batu nilai kadar air cenderung mengalami peningkatan. Nilai kadar air tertinggi terjadi pada pasta semen dengan penambahan abu batu 15% yaitu sebesar 30,40%. Terjadinya kenaikan kadar air bisa dikarenakan campuran pasta semen dengan abu batu yang membutuhkan banyak penambahan air untuk terjadinya penetapan konsistensi normal sampai batang peluncur menembus batas 10 mm. Faktor lain yang mempengaruhi konsistensi normal yang cenderung meningkat adalah tingkat kehalusan semen. Semakin halus semen maka semakin besar luas permukannya, sehingga diperlukan penambahan kadar air yang tinggi untuk mencapai konsistensi normal (Purnawan dan Prabowo, 2018). Kehalusan pada semen juga dipengaruhi pada proses penggilingan klinker di pabrik semen, semen yang sudah kehilangan sifat plastisnya atau sudah mengeras karena terhidrasi dengan air akan mempunyai luas spesifik yang semakin rendah (Maulud *et al.*, 2021).

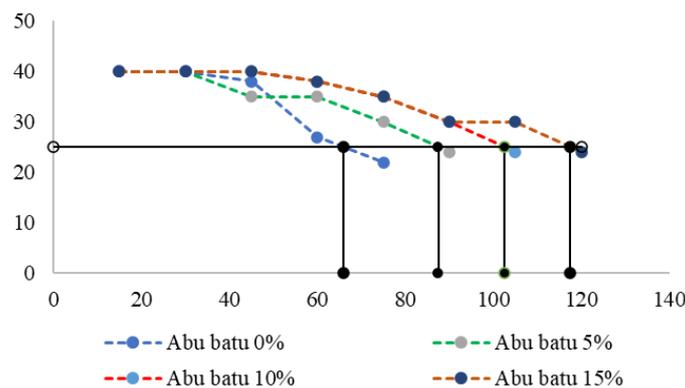
Uji pengikatan awal semen

Hasil pengujian ikatan awal semen dengan campuran abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 penetapan ikatan awal semen dapat diketahui dengan menarik garis secara horizontal pada penurunan 25 mm yang ditunjukkan pada garis sumbu Y sampai dengan memotong garis masing-masing persentase penambahan abu batu. Hasil pengujian ikatan awal semen pada penurunan 25 mm dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 pengikatan awal semen terhadap campuran pasta dan abu batu menunjukkan nilai yang cenderung mengalami kenaikan. Pengikatan awal semen tertinggi terjadi pada sampel pasta semen dengan penambahan abu batu 15% yaitu sebesar 117,50 menit. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 (2004), *standard initial setting time* pengikatan awal semen umumnya terjadi dalam kurun waktu 1-2 jam, sedangkan waktu pengikatan yang relatif cepat akan menyebabkan semen tidak memenuhi persyaratan waktu

pengikatan dan dapat menimbulkan kesulitan pada pengerjaan penanganan dan pengecoran. Hal ini berarti dengan penambahan abu batu 15% terhadap pasta semen masih masuk ke dalam persyaratan waktu pengikatan awal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan semakin banyaknya penambahan persentase abu batu maka semakin lama waktu pengikatan awal. Kesimpulan ini juga didukung oleh penelitian Retno Anggraini (2013), dalam penelitian pengikatan awal semen menggunakan *bottom ash* yang menyimpulkan hal yang sama yaitu semakin bertambahnya persentase *bottom ash* ke dalam pasta semen maka semakin bertambah lama waktu pengikatan awal. Penelitian lain oleh Trimurtiningrum *et al.*, (2020), dengan penelitian pengikatan awal menggunakan bahan tambah gula pasir menyimpulkan hal yang sama, yaitu semakin tinggi persentase gula pasir yang ditambahkan ke dalam pasta semen mengakibatkan waktu pengikatan awal yang semakin lama.



Gambar 4. Pengikatan awal semen

Tabel 3. Hasil pengujian ikat awal semen

No	% abu batu	Waktu ikat awal (menit)
1	0	66,00
2	5	87,50
3	10	102,50
4	15	117,50

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan variasi persentase abu batu dapat mempengaruhi konsistensi normal dan waktu pengikatan awal semen.
2. Penambahan abu batu terhadap pasta semen selalu menunjukkan adanya kenaikan terhadap nilai konsistensi normal dan waktu ikat awal.

Saran

Setelah didapatkan hasil penelitian, maka dapat diberikan saran antara lain:

1. Perlu diperhatikan kondisi semen yang akan dipakai, karena semen yang penyimpanan dan waktu pembuatannya terlalu lama akan berdampak terhadap nilai waktu ikat yang tidak akurat.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, apabila akan melakukan kegiatan pengecoran sebaiknya tidak terlalu jauh dengan lokasi pengecoran dan waktu pendistribusian adukan beton tidak boleh melampaui 117,50 menit, karena dapat mempengaruhi proses pengecoran sebelumnya dan akan berdampak terhadap waktu ikat awal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Diponegoro melalui Sekolah Vokasi bagian Departemen Sipil dan Perencanaan yang telah memfasilitasi sarana dan prasarana laboratorium khususnya laboratorium bahan bangunan dan teknologi beton serta bapak/ibu dosen yang telah mendukung

moril seperti memberi gagasan atau ide dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 191-01a, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needles.
- ASTM C 266-99, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Gillmore Needles.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Tata Cara Rencana Pembuatann Campuran Beton Normal, SK SNI T-15-1990-03, 1991, DPU – Yayasan LPMB, Bandung
- Meiza, D.R. (2021) 'Pengaruh Penambahan Abu Batu dan Semen Mortar Utama', 11(1), pp. 14–21.
- Nugroho, B. (2020), Pengaruh Penggunaan Baking Powder sebagai Raterder pada Beton Terhadap Waktu Pengikatan Semen, Keleccakan Beton Segar dan Kuat Tekan Beton, Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret.
- Maulud, K.N.A. et al. (2021) 'A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia', Arabian Journal of
- Mulyono, T., 2004, Teknologi Beton, ANDI, Yogyakarta.
- Passa, R.M.J. and Safitri, D. (2021) 'Waktu Pengikat Semen Portland (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat', 1(3), pp. 1–13.
- Purnawan, I. and Prabowo, A. (2018) 'Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit', Jurnal Rekayasa Proses, 11(2), p. 86. Available at: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.31136>.
- Raden, M.J. and Destiana, S. (2021), Waktu Pengikatan Semen Portland (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat,
- Ratwitaningrum, T.R. and Setiawan, R.F.A. (2019) 'Pengaruh Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Pembakaran', Prosiding

Semnastek, pp. 1–6. Available at:
[https://jurnal.umj.ac.id/index.php/se
mnastek/article/view/5156%0Aht
tps://jurnal.umj.ac.id/index.php/se
mnastek/article/download/5156/34
37](https://jurnal.umj.ac.id/index.php/se
mnastek/article/view/5156%0Aht
tps://jurnal.umj.ac.id/index.php/se
mnastek/article/download/5156/34
37).

- Retno Anggraini, R.S.N. (2013) 'Pengaruh Variasi Penambahan Bottom Ash dalam Pasta Semen Terhadap Waktu Pengikatan Awal dan Akhir', Pengaruh Variasi Penambahan Bottom Ash dalam Pasta Semen Terhadap Waktu Pengikatan Awal dan Akhir, 7(1), pp. 66–73.
- SNI 03-6827-2002, 2002, Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil, BSN.
- SNI 15-2049-2004 (2004) 'Semen Portland', Badan Standardisasi Nasional Indonesia, pp. 1–128.
- Tjokrodimuljo, K., 1992, Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.