

CORRELATION BETWEEN RICE HUSK ASH AS SUBSTITUTION MATERIALS THE AMOUNT OF CEMENT AND PROPERTIES OF HIGH STRENGTH FLOWING CONCRETE

Surya Sebayang¹

Abstract

Flowing concrete flow under its own weight and maintain homogeneity while filling and passing around congested reinforcement. Flowing concrete is used to reduce or eliminate the need for vibration to reduce construction cost and reducing construction time. High strength flowing concrete in this research used rice husk ash as substitution material the amount of cement. The properties investigated are workability, concrete setting time, and compression strength. Proportion of material for concrete determined according to ACI 211-4R-1993 and combine with Hashimoto method. The substitution of rice husk ash to the concrete are 0 %, 3%, 6%, 9%, 12% and 15% of the cement content. The test result indicated that effect of rice husk ash in fresh concrete was increased the workability of the concrete. Addition of rice husk ash was made fresh concrete enough cohesiveness without causing segregation. Addition of rice husk ash was increased the initial and final setting time. The cylinder compression strength of rice husk ash flowing concrete at 7day and 14 days was lower than compression strength of flowing concrete without rice husk ash at the same days. The optimum strength of rice husk ash flowing concrete was 44,44 MPa at 56 days age in 12 % presence of rice husk ash.

Keywords: High strength flowing concrete, compression strength, rice husk ash, setting time, workability

Abstrak

Beton alir dapat mengalir dan menghasilkan adukan yang homogen ketika mengisi daerah penulangan yang padat. Beton alir digunakan untuk mengurangi bahkan meniadakan kebutuhan pemadatan, mengurangi biaya konstruksi, dan mempercepat waktu konstruksi. Beton alir mutu tinggi pada penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sejumlah semen. Pengujian yang dilakukan meliputi kelecakan adukan beton, waktu pengikatan beton, dan kuat tekan beton. Perancangan campuran beton menggunakan metode ACI 211-4R-1993 yang dikombinasikan dengan metode Hashimoto. Adukan beton terdiri dari 5 variasi, yaitu kadar abu sekam padi 0 %, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%. Dari hasil penelitian diperoleh, secara umum semakin besar kadar abu sekam padi pada adukan beton maka kelecakan beton semakin bertambah. Penggunaan abu sekam padi ternyata dapat membuat adukan menjadi kohesif dan tidak terjadi segregasi pada adukan beton. Penggunaan abu sekam padi pada adukan beton memperlambat waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir beton. Kuat tekan beton alir abu sekam padi pada umur 7 hari, dan 14 hari masih lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan beton tanpa abu sekam padi dengan umur yang sama. Kuat tekan optimum beton abu sekam padi sebesar 44,44 MPa, pada umur 56 hari diperoleh pada kadar abu sekam padi 12 % sebagai bahan pengganti semen.

Kata kunci: beton alir mutu tinggi, kuat tekan, abu sekam padi, waktu pengikatan, kelecakan.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung
Email : surya_sebayang@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Beton alir adalah beton dengan nilai slump lebih dari 19 cm (ASTM C 1017). Definisi beton mutu tinggi selalu dikaitkan dengan batasan kuat tekan minimum yang dapat dicapai yang biasanya bervariasi. Beton mutu tinggi didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kekuatan tekan minimum 6000 psi atau sekitar 41 MPa (Ronald, 1976).

Beton alir pertama kali dikembangkan di Jepang sebagai sarana untuk membuat keseragaman kualitas beton dengan mengontrol permasalahan dari kurangnya pemadatan beton oleh tenaga kerja dan meningkatnya kompleksitas dari disain penulangan pada struktur beton modern. Beton alir dapat mengalir tanpa pemadatan (*self compacted*) dan menghasilkan adukan yang homogen ketika mengisi daerah penulangan yang padat.

Beton alir digunakan untuk mengurangi biaya pemadatan dan mempercepat waktu konstruksi. Beberapa keuntungan penggunaan beton alir untuk industri beton prategang antara lain: mengurangi kebisingan pada lokasi konstruksi, tanpa getaran, mengurangi jumlah tenaga kerja, pelaksanaan konstruksi lebih cepat.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk membuat beton mutu tinggi dengan adukan yang mudah dibentuk dan dikerjakan, serta mempunyai faktor air semen yang rendah sehingga kuat tekan beton menjadi tinggi. Faktor air semen yang rendah menyebabkan adukan beton menjadi kaku sehingga sulit dibentuk dan dikerjakan (*workability* rendah). Salah satu cara untuk meningkatkan *workability* adalah menambah bahan tambahan pada adukan beton berupa HRWR (*High Range Water Reducer*).

Sekam padi merupakan produk samping yang dihasilkan oleh penggilingan padi, sekam padi selama ini digunakan untuk bahan bakar pada pembakaran bata merah atau dibuang begitu saja. Penanganan yang kurang tepat terhadap sekam padi, akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi. Sekam padi yang dibakar selama 4 jam pada temperatur di atas 500°C akan menghasilkan abu sekam padi dengan kandungan silika (SiO_2) sebesar 94-96 % (Andhi L.P., 2007). Butiran abu sekam padi berbentuk persegi dan ada yang bulat dengan diameter rata-rata 30 μm (Siriluk and Yuttapong, 2005)

Abu sekam padi yang secara fisik lebih halus daripada semen dan secara kimia mengandung unsur SiO_2 yang tinggi, akan dapat bahan menambah kekuatan beton apabila digunakan sebagai bahan pengganti sejumlah semen. Pemikiran ini sangat beralasan karena secara mekanik abu terbang akan mengisi rongga antara butiran semen dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolik pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara kadar abu sekam padi sebagai pengganti sejumlah semen pada beton alir mutu tinggi terhadap kelecakan adukan (ASTM C 143), waktu pengikatan (ASTM C 403), dan kuat tekan beton (ASTM C 39)

2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I merek Baturaja, agregat halus (pasir) asal Gunung Sugih Lampung Tengah, agregat kasar (batu pecah) dengan diameter maksimum 20 mm asal Tanjung Lampung Selatan. Air dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Unila. Abu sekam padi yang digunakan berasal dari pembakaran sekam padi dengan temperatur 550° C yang terlebih dahulu dihaluskan dengan alat penggiling. HRWR yang digunakan adalah *Viscocrte-10* dengan dosis pemakaian 1 % terhadap berat semen. Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *concrete mixer* kapasitas 40 liter digerakkan dengan kecepatan 20 putaran permenit, cetakan benda uji silinder dari baja dengan diameter 100

mm dan tinggi 200 mm. Kerucut Abram untuk mengukur kelecakan adukan beton, *Compression Testing Machine* kapasitas 100 ton, untuk menguji kuat tekan beton, dan *penetration resistance* untuk mengukur waktu pengikatan beton.

Perancangan campuran beton menggunakan metode ACI 211-4R-93 yang dikombinasi dengan metode Hashimoto, dengan ketentuan kuat tekan rencana > 40 MPa, nilai slump rencana > 190 mm, ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm. Abu sekam padi yang digunakan sebagai pengganti semen sebesar 0%, 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, dan 15% dari berat semen.

Jumlah benda uji pada masing-masing umur dari masing-masing kadar abu sekam padi adalah 4 buah. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari seperti pada terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji pada Pengujian Kuat Tekan

Kadar Abu sekam (%)	Jumlah sampel	Jumlah benda Uji pada Umur			
		7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
0	16	4	4	4	4
3	16	4	4	4	4
6	16	4	4	4	4
9	16	4	4	4	4
12	16	4	4	4	4
15	16	4	4	4	4
Total	96	24	24	24	24

Pengukuran kelecakan adukan beton digunakan dengan slump test. Sedangkan pemadatan beton pada cetakan dilakukan dengan memukul perlahan dinding cetakan dengan palu karet. Untuk pengujian waktu pengikatan maka dilakukan pemisahan mortar dari adukan beton dengan menggunakan saringan 4,75 mm, memasukkan mortar kedalam benda uji kubus sisi 150 mm selanjutnya dilakukan pengujian waktu pengikatan sesuai dengan ASTM C 403.

Benda uji yang telah dibuka dari cetakan, kemudian dirawat dengan cara perendaman. Sebelum benda uji diuji kuat tekannya, maka benda uji *dicapping* terlebih dahulu dengan menggunakan belerang. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan *Universal Testing Machine* dengan kecepatan pembebanan 0,14-0,34 MPa per detik sesuai dengan ASTM C39.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian di laboratorium meliputi pengujian material agregat, kelecakan adukan beton, waktu pengikatan beton, dan kuat tekan beton, hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan kurva.

a. Pengujian Agregat

Hasil pengujian material agregat halus maupun agregat kasar tersaji pada Tabel 2. Hasil ini diperlukan pada perhitungan perancangan campuran beton. Hasil berat jenis dan berat volume pada Tabel 2 adalah pada kondisi kering sesuai dengan ketentuan perancangan campuran beton metode ACI 211-4R-93

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	
		Agregat Kasar	Agregat Halus
1	Gradasi Agregat (Analisis Saringan)	Baik	Baik
2	Modulus kehalusan	6,6	2,64
3	Berat jenis kering	2,53	2,44
4	Berat volume padat kering	1553 kg/m ³	1335 kg/m ³
5	Penyerapan	3,0 %	0,4 %
6	Kadar Lumpur	-	2,2 %
7	Kadar Bahan Organik	-	No.2 (baik)

Dari pengujian agregat kasar dan agregat halus, pada Tabel 2 maka hasil yang diperoleh memenuhi persyaratan standar ASTM

Dari hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus maka dilakukan perhitungan perancangan campuran beton, selanjutnya dilakukan trial mix untuk mengetahui apakah slump rencana sudah tercapai yaitu lebih dari 190 mm, apakah adukan yang ada sudah kohesif, dan apakah kuat tekan pada umur 7 hari sudah tercapai apabila dikonversi pada umur 28 hari. Setelah dilakukan trial mix sebanyak 4 kali maka diperoleh perbandingan berat (semen +abu sekam padi): pasir : agregat kasar adalah 1: 1,22 : 1,4 dan rasio antara air terhadap (semen + abu sekam padi) sebesar 0,39. Kebutuhan bahan dalam 1 m³ beton dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Bahan untuk 1 m³ Beton

Abu sekam (%)	Semen (kg)	Air (kg)	B.Pecah (kg)	Pasir (kg)	Abu sekam (kg)	Viscocrete (kg)
0	575,13	224,30	782,17	708,56	0	5,75
3	556,55	223,76	780,31	706,87	17,21	5,73
6	538,05	223,23	778,45	705,18	34,34	5,72
9	519,65	222,70	776,61	703,52	51,39	5,71
12	501,33	222,17	774,77	701,85	68,36	5,69
15	483,09	221,65	772,92	700,18	85,25	5,68

b. Keleccakan

Pengukuran keleccakan adukan beton dilakukan dengan slump test. Selanjutnya hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.

Slump yang terjadi pada semua kadar abu sekam padi adalah *collapse slump* (Neville,1987) dengan nilai slump >190 mm. Masing-masing adukan terlihat kohesive, tidak terjadi segregasi. Pada adukan terjadi *bleeding* hal ini disebabkan karena penggunaan air yang relatif besar yaitu (221,65-224,3)kg/m³ serta penggunaan *viscocrete-10*. Peningkatan nilai slump tidak sebanding dengan kadar abu sekam padi yang digunakan. Hal ini dapat saja terjadi karena bentuk butiran abu sekam padi adalah persegi dan ada yang bulat. Berbeda dengan abu terbang dengan butiran berbentuk bulat dan permukaan butirannya halus, sehingga friksi yang terjadi pada adukan semakin kecil (Ryan, 1992).

Tabel 4. Nilai Slump Adukan Beton

Kadar Abu sekam padi (%)	Slump (mm)
0	240
3	215
6	235
9	250
12	275
15	290

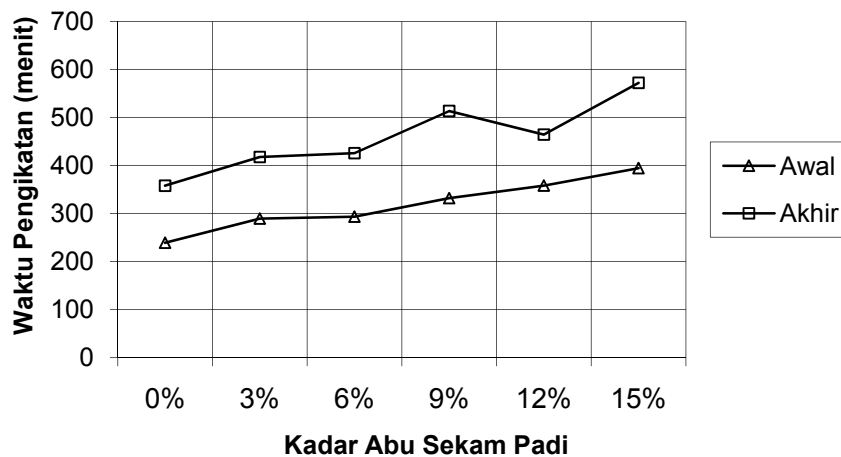
c. Waktu Pengikatan Beton

Pengukuran waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir dilakukan dengan alat *penetration resistance*. Waktu pengikatan awal terjadi pada perlawanan penetrasi sebesar 3,5 MPa dan waktu pengikatan akhir terjadi pada perlawanan penetrasi sebesar 27,6 MPa. Selanjutnya waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir pada masing-masing kadar abu sekam padi disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 1

Semakin besar persentase abu sekam padi maka waktu pengikatan awal maupun akhir semakin lambat. Senyawa-senyawa C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF akan bereaksi dengan air, yang diawali dengan senyawa C_3A . Hasil reaksi akan bereaksi kembali dengan unsur-unsur utama yang terdapat pada abu sekam padi yaitu silika dan alumina dengan demikian maka rantai reaksi hidrasi akan semakin panjang yang pada akhirnya akan menambah waktu pengikatan beton. Semakin besar kandungan abu sekam padi sebagai pengganti sejumlah semen pada adukan beton maka senyawa-senyawa C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF akan berkurang pula hal ini akan menyebabkan berkurangnya panas hidrasi. Berkurangnya panas hidrasi akan memperlambat reaksi sehingga akan memperlambat waktu pengikatan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Beton

Kadar Abu Sekam Padi (%)	Waktu pengikatan awal (menit)	Waktu pengikatan akhir (menit)
0	239,22	358,04
3	289,49	417,70
6	293,50	425,70
9	332,05	513,40
12	358,25	464,36
15	394,54	572,10



Gambar 1. Waktu Pengikatan dengan Kadar Abu Sekam Padi

d. Kuat Tekan

Kuat tekan uniaksial benda uji silinder dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan sebagai berikut:

$$f_c = P/A \tag{1}$$

dengan :

- f_c = kuat tekan silinder (MPa)
- P = beban yang dipikul pada saat runtuh (N)
- A = luas penampang silinder (mm²)

Selanjutnya hasil kuat tekan rata-rata benda uji silinder untuk masing-masing kadar abu sekam padi dan umur disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Kuat tekan beton abu sekam padi pada umur 7 hari dan 14 hari masih lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan beton tanpa abu sekam padi dengan umur yang sama, terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 2. Hal ini terjadi pada semua kadar abu sekam padi. Ini terjadi karena senyawa yang membentuk kekuatan awal pada semen adalah senyawa C₃S yang dibantu oleh panas hidrasi dari senyawa C₃A. Dengan adanya butiran dari abu sekam padi maka reaksi hidrasi dari kedua senyawa ini akan terganggu, artinya rantai reaksi akan lebih panjang yang mengakibatkan pengerasan beton akan lebih lama.

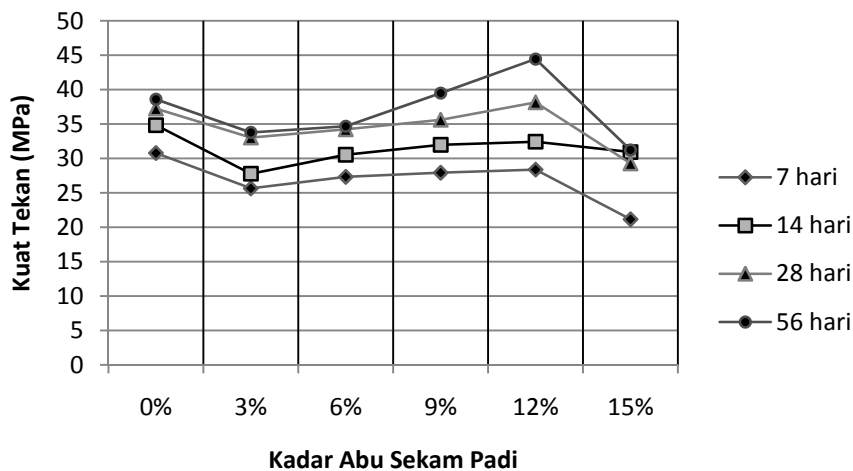
Setelah umur 28 hari maka kuat tekan beton abu sekam padi menunjukkan peningkatan kuat tekan yang lebih besar. Hal ini disebabkan reaksi antara senyawa kalsium hidroksida, Ca(OH)₂ yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa silika yang ada pada abu sekam padi berlangsung lambat (Ryan, 1992), sehingga terbentuknya calcium silikat hidrat, CSH lebih lama (diatas 28 hari). Selanjutnya senyawa CSH inilah yang memberikan kekuatan tambahan pada beton. Secara mekanik ukuran butiran sekam padi yang lebih halus akan meningkatkan kerapatan beton, yang pada akhirnya akan meningkatkan kekuatan beton.

Pengurangan senyawa kalsium hidroksida pada beton akibat telah bereaksi dengan SiO₂ pada abu sekam padi, akan meningkatkan kekuatan beton. Pada penelitian ini, kuat tekan hanya dipantau sampai umur 56 hari saja, dimana peningkatan kuat tekan diatas 56 hari masih dapat berlangsung. Dari Tabel 6 terlihat bahwa penggantian abu sekam padi

sebesar 12 % dari berat semen pada umur 56 hari memberikan kuat tekan optimum yaitu mencapai 44,44 MPa.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata

Kadar Abu Sekam Padi (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)			
	7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
0	30,78	34,83	37,24	38,59
3	25,65	27,78	33,03	33,78
6	27,33	30,54	34,23	34,68
9	27,93	31,98	35,61	39,49
12	28,38	32,43	38,14	44,44
15	21,17	30,93	29,28	31,23



Gambar 2. Hubungan Kadar Abu Sekam Padi dengan Kuat Tekan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Nilai *slump* yang terjadi pada semua kadar abu sekam padi lebih besar dari 190 mm sehingga memenuhi persyaratan sebagai beton alir.
2. Penggantian abu sekam padi terhadap sejumlah semen pada adukan beton alir mutu tinggi secara umum mampu meningkatkan kelecakan adukan beton.
3. Semakin besar persentase abu sekam padi maka waktu pengikatan awal maupun waktu pengikatan akhir semakin lambat.
4. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti secara umum belum memberikan peningkatan kuat tekan pada umur dibawah 28 hari. Tetapi setelah umur 28 hari, penggantian semen dengan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton.
5. Kuat tekan beton optimum sebesar 44,44 MPa dihasilkan pada umur 56 hari pada kadar abu sekam padi sebesar 12 % sebagai pengganti semen.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat digunakan bahan mineral yang lain sebagai bahan pengganti semen antara lain silika fume.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211. 1993. *Guide for Selecting Proportion for High Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash*. Journal ACI
- Andhi L.P. dan Didik P. 2007. Akta Kimindo No.1, Vol.3. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASTM 04.02. 1994. *Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Aggregates*. Philadelphia.
- Munaf, D. R. 1992. *Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Beton Mutu Tinggi serta Bahan Pembentuknya*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik dan Perencanaan ITB
- Neville, A.M. dan Brooke, J.J. 1987. *Concrete Technology*. Longman Scientific & Technical, London
- Ouchi, M, Nakamura,S,Osterberg,T, Hallberg,SE dan Lwin M. 2007 *Bridge Technology of Self-Compacting concrete in Japan , Europe and the United States*.United States Departement of Transportation-Federal Higway Administration-Infrastructure
- Ronald, L.B., Charles, F.P., dan Michael, E.W. 1976. *Proportioning and Controlling High Strength Concrete*. Publication SP-46. American Concrete Institute. Detoit
- Ryan,W.G. 1992. *Australian Concrete Technology*. Longman Cheshire, Melbourne.
- Siriluk,C. and Yuttapong,S.2005. *Structure of Mesoporus MCM-41 Prepared From Rice Ash Husk*. Chiangmai. Thailand.
- Suhud, R. 1993. *Beton Mutu Tinggi*. Institut Teknologi Bandung
- Surya Sebayang. 2002. *Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan*. Edisi Keenam.*Pengaruh Kadar Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Beton Alir Mutu Tinggi*.Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Surya Sebayang.2006. *Jurnal Teknik Sipil*, No.2, vol.6. *Pengaruh Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Type V Pada Beton Mutu Tinggi*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Surya Sebayang.2010. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, No.1, Vol. 14 *Pengaruh Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.