

## PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT MEKANIK *HIGH PERFORMANCE CONCRETE (HPC)*

Victor<sup>1\*</sup> dan Bella Septianti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Prasarana Permukiman Wilayah Sumatera Selatan, Direktorat Jenderal Cipta Karya,  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jl. Rambutan No. 30, 10 Ilir, Palembang 30111.

<sup>2</sup>Direktorat Rumah Susun, Direktorat Jenderal Penyediaan Perumahan,  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jl. Pattimura No 20, Selong, Jakarta Selatan 12110.

\*Email: victor@pu.go.id

### Abstrak

*Penggunaan material pozzolan seperti abu sekam padi dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan, durabilitas, serta memberikan dampak positif dari segi lingkungan. Abu sekam padi adalah material pozzolan yang halus hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Abu sekam padi memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> antara 90 – 96% dan bersifat amorf. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat komposisi HPC dengan bahan substitusi abu sekam padi (ASP) terhadap semen dan kuat tekan rencana adalah 70 MPa. Penelitian ini dilakukan dengan nilai w/c = 0,28. HPC diuji dengan dua pengujian, yaitu pengujian beton segar dan pengujian sifat mekanik beton. Beton segar diuji dengan pengujian slump dan pengujian sifat mekanik beton dilakukan pengujian kuat tekan beton. Benda uji dicetak pada bekisting silinder dimensi 10 x 20 cm. Setelah berumur 1 hari, bekisting dibuka untuk dilakukan curing pada benda uji dengan karung goni basah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan substitusi ASP pada HPC memberikan penurunan workability sebesar 20% dan peningkatan berat jenis sebesar 2,54%. Substitusi ASP memberikan peningkatan pada kuat tekan HPC sebesar 12,72%, 10,12%, 9,91%, dan 7,71% pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.*

**Kata kunci:** abu sekam padi, high performance concrete, karakteristik

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang terdiri dari semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan *admixture* jika diperlukan. Beton umumnya digunakan sebagai komponen struktur dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan. Karakteristik dari beton harus mempertimbangkan kualitas beton yang dibutuhkan untuk suatu tujuan konstruksi.

Perkembangan pembangunan infrastruktur yang semakin cepat, seperti jembatan dengan bentang panjang dan lebar, bangunan gedung bertingkat tinggi, serta beton pracetak menuntut inovasi teknologi konstruksi dalam pembuatan material beton. Perencanaan fasilitas tersebut mengarah pada penggunaan beton mutu tinggi yang diharapkan mempunyai kekuatan, ketahan, masa layan, dan efisiensi tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Penggunaan beton mutu tinggi dapat memperkecil dimesi struktur yang menjadikan berat struktur lebih ringan dan beban yang diteruskan ke pondasi menjadi lebih kecil.

Pada tahun 1970-an beton mutu tinggi atau *High Performance Concrete (HPC)* lebih dikenal sebagai beton berkekuatan tinggi atau *High Strength Concrete (HSC)*. Beton didefinisikan sebagai HSC berdasarkan hasil uji kuat tekan pada umur tertentu. Seiring dengan perkembangan *admixture* dan *additive*, kinerja dari beton menjadi semakin baik. Beton mutu tinggi memiliki *workability* yang baik, serta kuat tekan dan durabilitas yang tinggi.

Berdasarkan ACI 363R-92, kuat tekan HPC umur 28 hari lebih besar dari 41,4 MPa. Faktor penting untuk mencapai mutu yang diinginkan adalah pemilihan material serta penentuan komposisi campuran yang baik. Untuk meningkatkan *workability* beton segar pada beton mutu tinggi digunakan *admixture* tipe F atau yang dikenal sebagai *superplasticizer*. *Superplasticizer* dengan kadar yang tepat pada campuran memungkinkan penggunaan faktor air semen yang rendah.

Indonesia dikenal dengan negara agraris yang mayoritas masyarakatnya bermata pencaharian sebagai petani. Penggilingan padi selalu menghasilkan limbah berupa kulit gabah atau sekam padi yang jumlahnya mencapai 20 – 30% dari gabah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik pada tahun

2005, jumlah produksi gabah kering giling di Indonesia sekitar 54 juta ton maka jumlah sekam yang dihasilkan lebih dari 10 juta ton.

Penggunaan material *pozzolan* seperti abu sekam padi dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan, durabilitas, serta memberikan dampak positif dari segi lingkungan. Abu sekam padi adalah material *pozzolan* yang halus hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Berdasarkan penelitian Reddy dan Marcelina (2006), abu sekam padi memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  antara 90 – 96% dan bersifat *amorf*. Oleh karena itu, abu sekam padi dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif bahan substitusi untuk mengurangi jumlah penggunaan semen dalam campuran beton.

## 1.1. Tinjauan Pustaka

### 1.1.1. High Performance Concrete (HPC) atau Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang berorientasi pada sifat mekanik dan durabilitas beton yang tinggi, serta kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). Berdasarkan *ACI Committee 363R-92*, beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan lebih dari 41 MPa. Beberapa faktor penting dalam menghasilkan beton mutu tinggi, diantaranya proporsi bahan penyusun, metode perancangan komposisi, perawatan, dan keadaan lingkungan setempat (Mulyono, 2004).

### 1.1.2. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah bahan limbah dari sisa pembakaran sekam padi yang mempunyai sifat sebagai *pozzolan*. *Pozzolan* terdiri dari silika reaktif yang akan bereaksi dengan kapur pada suhu ruang, sehingga berbentuk majemuk dan memiliki perilaku seperti semen. Sementara itu dari hasil penelitian Houston (1972), rata-rata nilai kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) pada abu sekam padi adalah 94 – 96%. Pembakaran abu sekam padi secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar 500–600°C akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko, 2001). Komposisi kimia berdasarkan penelitian Wahyuni dkk (2015) dapat dilihat pada Tabel 1. Spesifikasi abu sekam padi berdasarkan penelitian Reddy dan Marcelina (2006) dapat dilihat pada Tabel 2.

Ukuran abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton, sehingga dibutuhkan *treatment* pada abu sekam padi yang akan digunakan berupa penumbukkan atau penggilingan serta penyaringan dengan menggunakan ukuran saringan tertentu (Habeeb, 2010). Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen secara parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam pada proses pembuatan semen.

**Tabel 1. Komposisi kimia abu sekam padi (Wahyuni dkk, 2015)**

Kandungan	Kadar (%)
$\text{SiO}_2$	90,38
$\text{K}_2\text{O}$	3,18
$\text{P}_2\text{O}_5$	1,61
CaO	1,24
$\text{SO}_3$	1,02
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,88
Cl	0,76
MnO	0,40
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,40
$\text{TiO}_2$	0,05
ZnO	0,02
$\text{Rb}_2\text{O}$	0,01

**Tabel 2. Spesifikasi ASP (Reddy dan Marcelina, 2006)**

Spesifikasi	Nilai
Berat jenis	2,05 g/cm <sup>3</sup>
Modulus kehalusan	8,30
Absorpsi nitrogen	20,60 m <sup>2</sup> /g
Indeks aktivitas <i>pozzolanic</i>	99,00%
Kebutuhan air	104,00%

### 1.1.3. Superplasticizer

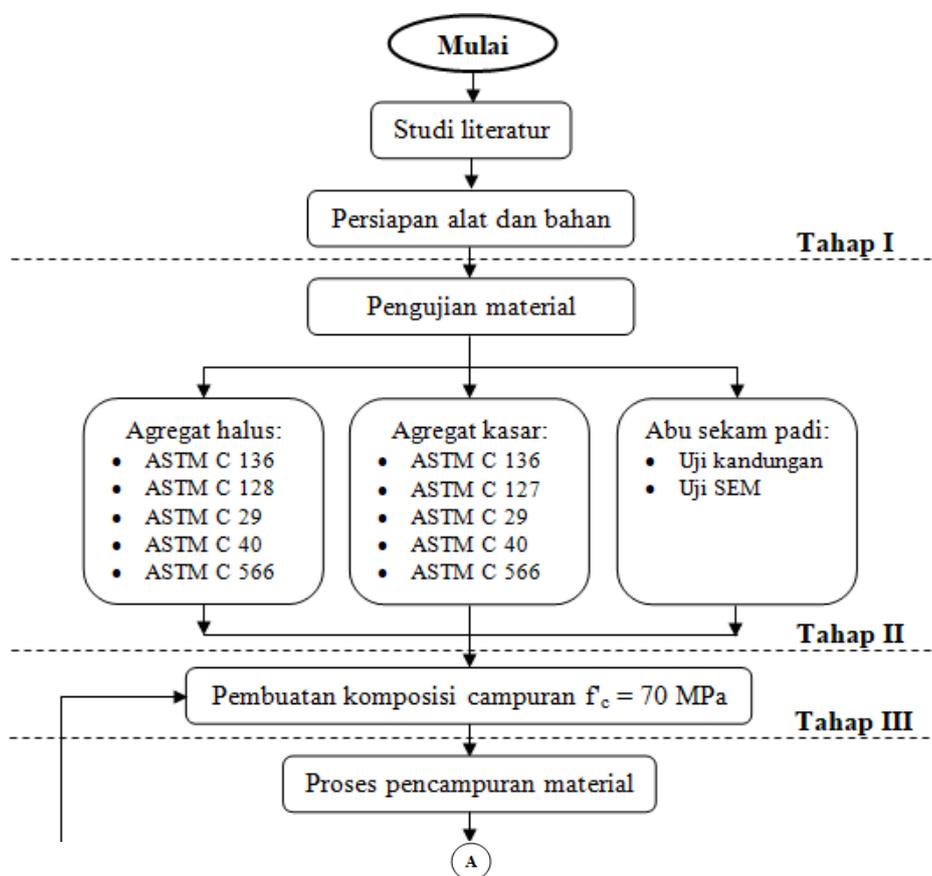
*Superplasticizer* merupakan bahan selain semen, agregat, dan air yang ditambahkan pada adukan beton sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencana. Penambahan *superplasticizer* tersebut ke dalam campuran beton telah terbukti meningkatkan kinerja beton hampir pada semua aspeknya, yaitu kekuatan, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kinerja lainnya dalam memenuhi tuntutan teknologi konstruksi modern dan tetap mengacu pada klasifikasi ASTM C 494-82 (Gao, 2007).

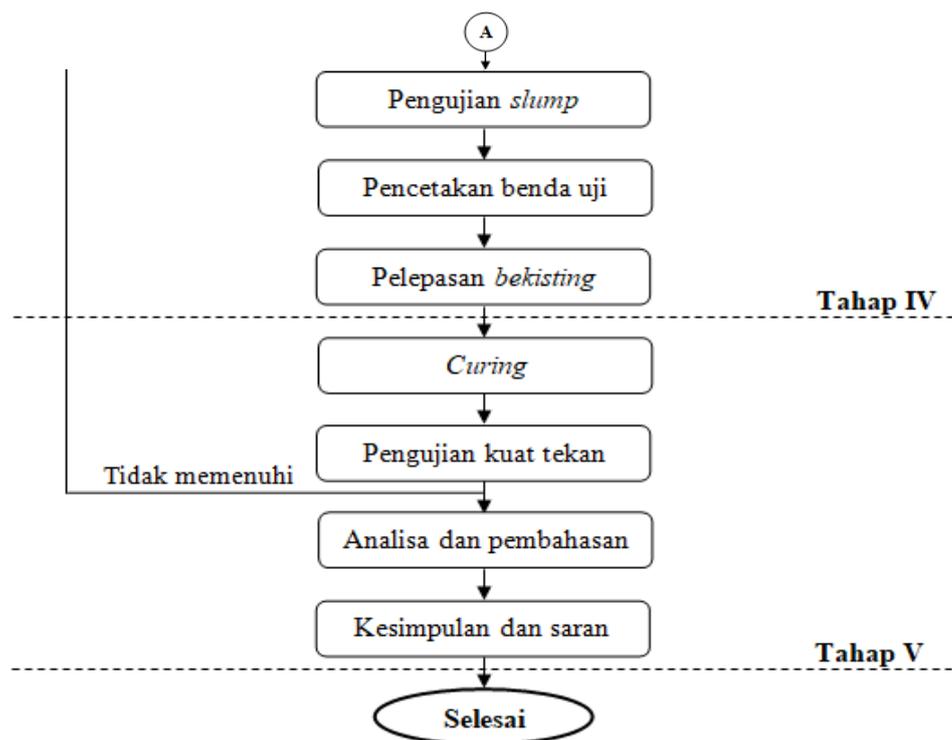
Kisaran dosis normal penggunaan *superplasticizer* adalah 1 – 3 L/m<sup>3</sup> campuran beton untuk meningkatkan *workability* beton segar. Larutan *superplasticizer* tersusun dari 40% material aktif. Penggunaan *superplasticizer* pada dosis 5 – 20 L/m<sup>3</sup> campuran beton bertujuan untuk mengurangi penggunaan air (Neville dan Sheu, 1995).

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat komposisi HPC dengan bahan substitusi abu sekam padi (ASP) terhadap semen dan kuat tekan rencana adalah 70 MPa. Penelitian ini dilakukan dengan nilai w/c = 0,28. HPC diuji dengan dua pengujian, yaitu pengujian beton segar dan pengujian sifat mekanik beton. Beton segar diuji dengan pengujian *slump* dan pengujian sifat mekanik beton dilakukan pengujian kuat tekan beton.

Diagram alir adalah diagram yang digunakan untuk melakukan perencanaan penelitian dan analisis proses sebagai standar pedoman penelitian untuk memudahkan tahapan penelitian. Penelitian dibagi kedalam lima tahap. Tahap pertama terdiri dari studi literatur dan persiapan penelitian. Tahap kedua terdiri dari pengujian awal material. Tahap ketiga terdiri dari pembuatan komposisi campuran. Tahap keempat terdiri dari proses pencampuran hingga pelepasan bekisting. Tahap kelima terdiri dari *curing* hingga penarikan kesimpulan. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram tahapan penelitian

### 2.1. Komposisi Campuran HPC

Komposisi campuran HPC dilakukan dengan pengumpulan data dari jurnal dan standar ACI. Material yang digunakan terdiri dari semen tipe I, ASP, agregat halus ukuran 0,125 – 4 mm, agregat kasar ukuran maksimum 20 mm, air, dan *superplasticizer* 1% dari material semen. Komposisi campuran HPC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. Benda uji dicetak pada *bekisting* silinder dimensi 10 x 20 cm. Setelah berumur 1 hari, *bekisting* dibuka untuk dilakukan *curing* pada benda uji. *Curing* dilakukan dengan cara ditutup dengan karung goni basah seperti pada Gambar 2.

Tabel 3. Komposisi campuran HPC

Material	HPC-N (kg/m <sup>3</sup> )	HPC-ASP (kg/m <sup>3</sup> )
Semen tipe I	575,00	550,00
Abu sekam padi	0,00	25,00
Agregat halus	495,86	495,86
Agregat kasar	1.156,94	1.156,94
<i>Superplasticizier</i>	5,50	5,50
Air	161,00	161,00

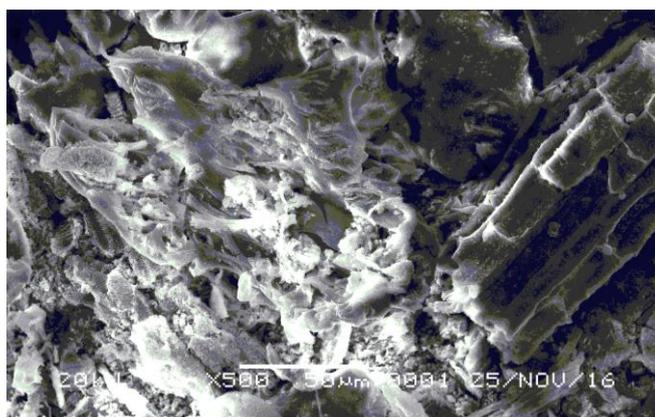
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Pengujian Abu Sekam Padi

ASP merupakan limbah hasil pembakaran sekam padi yang berasal dari PT. Putra Buyung Sembada. Pengujian kandungan pada abu sekam padi berdasarkan SNI 15-2049-2004 di Laboratorium Semen Baturaja, Palembang. Hasil uji kandungan abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4. Pengujian SEM pada ASP dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung dengan perbesaran 500 x. Hasil uji SEM ASP dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 4. Hasil uji kandungan ASP**

Kandungan	Berat (%)
Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	93,24
Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,27
Besi (III) Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,83
Kalsium Oksida (CaO)	1,94
Magnesium Oksida (MgO)	0,00
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	0,21
LOI	1,87

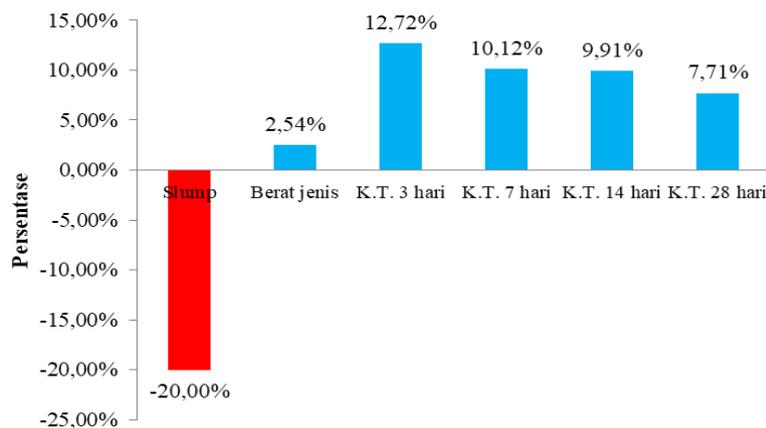
**Gambar 3. Hasil uji SEM ASP**

### 3.2. Hasil Pengujian Beton

Hasil pengujian karakteristik beton pada umur benda uji 3, 7, 14, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa terjadi penurunan *workability* beton dengan ASP sebesar 20%, hal ini diakibatkan karena morfologi dari ASP yang bertekstur kasar dan berbuku-buku sehingga menghambat laju penuran beton segar. Berat jenis benda uji mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan penggunaan ASP pada campuran sebesar 2,54%. Sedangkan kuat tekan beton mengalami peningkatan dengan ASP sebagai material substitusi beturut-turut sebesar 12,72%, 10,12%, 9,91%, dan 7,71% pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Peningkatan terbesar terjadi pada umur awal, peningkatan pada umur awal menunjukkan bahwa silika pada ASP memberikan kontribusi optimum pada umur-umur awal dan tetap memberikan peningkatan seiring dengan penambahan umur beton walaupun mengalami peningkatan yang cenderung menurun. Perubahan karakteristik HPC dengan ASP dapat dilihat pada Gambar 5.

**Tabel 5. Karakteristik HPC**

Karakteristik	Satuan	HPC-N	HPC-ASP
<i>Slump</i>	cm	10	8
Berat jenis	kg/m <sup>3</sup>	2302,64	2361,15
Kuat tekan 3 hari	MPa	30,12	33,95
Kuat tekan 7 hari	MPa	42,78	47,11
Kuat tekan 14 hari	MPa	55,61	61,12
Kuat tekan 28 hari	MPa	70,13	75,54



**Gambar 5. Persentase perubahan karakteristik HPC dengan ASP**

## 4. KESIMPULAN

### 4.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil hasil penelitian pengaruh ASP terhadap karakteristik HPC adalah sebagai berikut:

- Substitusi ASP pada HPC memberikan penurunan *workability* sebesar 20% dan peningkatan berat jenis sebesar 2,54%.
- Substitusi ASP memberikan peningkatan pada kuat tekan HPC sebesar 12,72%, 10,12%, 9,91%, dan 7,71% pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

### 4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian pengaruh ASP terhadap karakteristik HPC adalah sebagai berikut:

- Pengujian dengan variasi substitusi ASP perlu dilakukan untuk mengetahui kadar optimum penggunaan ASP pada HPC.
- Pengujian durabilitas perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan ASP pada HPC.
- Pengujian mikrostruktur pada benda uji perlu dilakukan untuk mengetahui pola retak dan kandungan senyawa hasil penambahan ASP pada HPC.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gao, Atul K., Desai, dan Jatin A. D., (2007), Evaluation of Engineering Properties for Polypropylene Fiber Reinforced Concrete, *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 3.
- Habeeb, G.A., Mahmud, H.B., (2010), Studies on Properties of Rice Husk Ash And Its Use as Cement Replacement Material. *Material Research*, 13, pp. 185–190.
- Houston, D.F., (1972), *Rice Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemist, Inc., Minnesota.
- Mulyono, T., (2004), *Teknologi Beton*, CV Andi Offset, Jogjakarta.
- Neville, Hwang S., dan Sheu B. C., (1995), Strength Properties of Nylon-fiber and Polypropylene-fiber Reinforced Concretes, *Cement and Concrete Research*.
- Prasetyoko, D., (2001), Pengoptimuman Sintesis Zeolit Beta daripada Silika Abu Sekam Padi Pencirian dan Tindak Balas Pemangkinan Friedel Crafts, *Magister Thesis*, Universitas Teknologi Malaysia, Johor Baru, Malaysia.
- Reddy, D.V. dan Marcelina A., (2006), Marine Durability Characteristics of Rice Husk Ash-Modified Reinforced Concrete, *International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*.
- Wahyuni, A.S., Habsya, C., dan Sunarsih, E.S., (2015), Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi pada Bata Beton Ringan Foam Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, dan Daya Serap Air Sebagai Suplemen, *Magister Thesis*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.