

Pemanfaatan Limbah Padat Pasir Silika Limbah *Sandblasting* dan *Fly Ash* untuk Beton HVFA-SCC

Havy Fathony¹, Wiwik Dwi Pratiwi², Vivin Setiani^{1*}, Wahyuniarsih Sutrisno³

^{*1} Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

^{*2} Program Studi D4 Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

^{*3} Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : vivinsetiani@ppns.ac.id

Abstrak

Beton *High Volume Fly Ash* (HVFA) merupakan campuran beton yang menggunakan *fly ash* dengan persentase *fly ash* yang digunakan lebih dari 50%. Adanya kandungan bahan kimia silika dan alumina, yang membuat *fly ash* memiliki sifat pozzolanik seperti semen, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjadi material pengganti semen. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan melakukan pembuatan beton *high volume fly ash - self compacting concrete* (HVFA-SCC) yang memanfaatkan limbah *sandblasting* sebagai pengganti agregat halus dan limbah *fly ash* sebagai pengganti semen yang akan dibandingkan dengan beton normal dan beton HVFA menggunakan pasir biasa. Hasil penelitian menunjukkan komposisi beton HVFA dengan variasi campuran 40% limbah *fly ash* dengan substitusi pasir silika limbah *sandblasting* menghasilkan kuat tekan sebesar 21,03 MPa pada usia beton 28 hari. Berdasarkan hal tersebut, pasir silika limbah *sandblasting* dapat berpotensi menjadi substitusi agregat halus pada beton HVFA dan termasuk ke dalam jenis beton mutu sedang yang dapat dimanfaatkan sebagai beton bertulang.

Keywords: Beton HVFA-SCC, *Fly Ash*, Pasir Silika Limbah *Sandblasting*, Kuat Tekan.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan infrastruktur pada bidang maritim adalah salah satu cara yang berpotensi untuk menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia. Salah satu faktor dalam mewujudkan poros maritim dunia adalah pembangunan pelabuhan dan komponen penunjangnya. Untuk membuat infrastruktur yang memadai tentunya dibutuhkan konstruksi yang baik. Komponen utama dalam sebuah konstruksi adalah beton. Beton merupakan suatu material bahan konstruksi yang tersusun atas campuran semen, agregat (kasar dan halus), air, dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) bila diperlukan (Tampubolon, 2018).

Sandblasting merupakan metode pembersihan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah objek yang biasanya berbahan *metal* atau besi, dengan butiran pasir kuarsa yang ditembakkan langsung ke permukaan benda dengan kompresor berkekuatan tinggi. Metode ini banyak digunakan berbagai sektor industri, seperti industri galangan kapal, industri perakitan otomotif, industri logam, dan untuk keperluan pemeliharaan kilang minyak pada industri migas, transportasi, serta pemeliharaan infrastruktur sipil (Rahmat dkk., 2019).

Fly Ash merupakan residu yang berasal dari pembakaran batubara di PLTU. Indonesia saat ini masih menjadikan PLTU sebagai pilihan utama dalam menghasilkan energi listrik karena mampu menghasilkan energi yang cukup besar dengan didukung cadangan batubara yang cukup banyak. Hal ini sangat disayangkan karena penyumbang limbah *fly ash* terbesar berasal dari sektor pembangkit listrik. Dengan meningkatnya jumlah PLTU berbahan bakar batubara ini tentu saja akan menambah jumlah *fly ash* yang ada di Indonesia, dan apabila tidak dilakukan pengelolaan dengan baik sehingga perlu dilakukan upaya-upaya untuk memanfaatkannya.

Pemanfaatan limbah seperti pasir silika limbah *sandblasting* dan *fly ash* pada dapat mengurangi volume limbah yang ada di industri. Adanya kandungan *silica* dan *alumina* pada *fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti semen guna mengurangi jumlah penggunaan semen dalam pembuatan beton. Kandungan tersebut yang berfungsi sebagai bahan pengikat dalam pembuatan beton atau sifat *pozzolan* serta, penggunaan pasir silika limbah *sandblasting* sebagai agregat halus diharapkan akan menambah kekuatan pada beton dan

dapat digunakan sebagai substitusi material sebagai campuran beton yang menghasilkan beton dengan kualitas tinggi dan ramah lingkungan. Penelitian ini akan dilakukan pembuatan beton ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah seperti *fly ash* sebagai pengganti semen dan limbah *sandblasting* sebagai pengganti agregat halus untuk menjadi bahan dasar konstruksi bangunan serta melakukan pengujian kuat tekan, dengan adanya pemanfaatan limbah *fly ash* dan limbah *sandblasting* ini, diharapkan akan dapat mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberi nilai tambah tersendiri.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan untuk penelitian ini adalah ayakan pasir, batang penusuk, palu karet, ember, mesin pengaduk beton, cetakan beton, cetok penghalus, sekop, dan kerucut *abrams*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air, semen OPC, pasir, batu kerikil, CaCO_3 , *fly ash*, limbah *sandblasting*, dan HRWR *superplasticizer*.

2.2. Variasi Mix Design

Perencanaan campuran beton dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan mutu beton yang sesuai dengan yang direncanakan, maka dilakukan perencanaan ini untuk menentukan formulasi campuran pembentuk beton agar memenuhi persyaratan. Perencanaan proporsi campuran pada beton ini mengacu berdasarkan ACI 237R-07. Rincian komposisi campuran *fly ash* sebagai pengganti semen dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi campuran binder

No.	Kode Benda Uji	Semen (%)	Fly Ash (%)	Jenis Pasir
1	FA0SB0	100	0	Pasir Biasa
2	FA40SB0	60	40	Pasir Biasa
3	FA40SB100	60	40	Pasir Silika

2.3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Beton, Material Maju, dan Komputasi Mekanik Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada pembuatan benda uji dalam penelitian ini mengacu pada SNI 2493:2011 dengan benda uji yang digunakan berukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Tahapan pembuatan benda uji sebagai berikut :

1. Menimbang masing-masing bahan sesuai dengan yang sudah direncanakan pada *mix design*.
2. Mencampurkan semua bahan yang telah ditimbang dengan menggunakan tangan atau mesin pengaduk (*mixer*).
3. Setelah adukan tercampur, selanjutnya dilakukan pengujian *slump*. Target uji *slump* lebih besar dari 650 mm.
4. Setelah pengujian *slump*, bobot isi, dan kadar udara telah dilakukan, selanjutnya masukkan kembali campuran beton kedalam wadah adukan. Aduk kembali dengan sendok aduk atau sekop sampai adukan tercampur rata.
5. Melakukan pencetakan benda uji dengan menggunakan sekop yang diletakkan dibawah permukaan bagian atas cetakan dimana adukan beton akan dituangkan dan masukkan adukan beton kedalam cetakan secara berlapis sesuai dengan benda uji. Memadatkan beton dengan metode sesuai hasil dari nilai *slump* yang dihasilkan, lalu diratakan menggunakan alat penusuk untuk pemadatan awal dan pada lapisan akhir ditambahkan adukan beton sampai melebihi permukaan cetakan agar tidak perlu penambahan kembali setelah beton dipadatkan.
6. Setelah selesai pencetakan, benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif, dan mudah digunakan tetapi juga harus dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan.
7. Benda uji dilepaskan dari cetakan setelah 20 jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

- Perawatan benda uji dilakukan sampai saat dilakukan pengujian. Setelah dilakukan pembuatan benda uji, kemudian dilakukan perawatan benda uji selama 7 dan 28 hari dengan dilakukan penyiraman air setiap hari.

2.4. Pengujian Kuat Tekan

2.4.1. Perlakuan Benda Uji

Uji tekan pada benda uji yang dirawat lembab dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang.

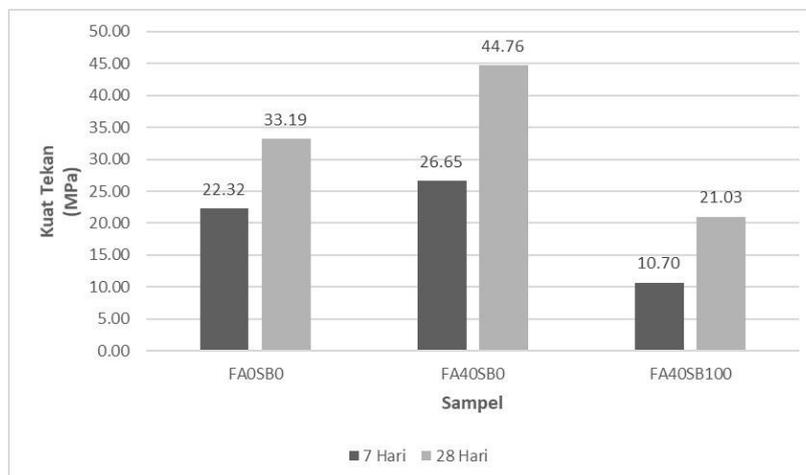
2.4.2. Toleransi Waktu Pengujian

Semua benda uji untuk umur pengujian yang ditentukan harus dilakukan pengujian pada toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan pada umur uji 7 dan 28 hari masing-masing yakni ± 6 jam dan ± 20 jam (ASTM-C39, 2001).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mendapatkan kualitas beton yang telah dibuat. Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan ASTM C39.

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Beton, Material Maju, dan Komputasi Mekanik Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada saat usia beton 7 dan 28 hari. Masing-masing variasi dilakukan pengujian sebanyak 3 benda uji. Sebelum dilakukan pengujian, permukaan atas benda uji diberi *capping* belerang yang berfungsi agar permukaan benda uji rata, sehingga tekanan terdistribusi secara merata pada saat sampel dilakukan pengujian. Hasil dari Uji kuat tekan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil Uji Kuat Tekan

Hasil dari pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 22,32 MPa untuk beton normal yakni campuran 100% semen dengan pasir biasa. Untuk beton dengan campuran *fly ash* 40% tanpa menggunakan pasir silika limbah *sandblasting* memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 26,65 MPa. Sedangkan untuk beton campuran *fly ash* variasi 40% dengan substitusi agregat halus pasir silika limbah *sandblasting* memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 10,70 MPa.

Pada umur beton 28 hari, beton normal (100% semen dengan pasir biasa) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 33,19 MPa. Beton dengan campuran *fly ash* 40% tanpa menggunakan pasir silika limbah *sandblasting* atau dengan campuran pasir biasa memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 44,76 MPa. Sedangkan untuk beton campuran *fly ash* variasi 40% dengan substitusi agregat halus menggunakan pasir silika limbah *sandblasting* memiliki kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 21,03 MPa.

Kuat tekan tertinggi diperoleh variasi beton variasi ke-4 usia 28 hari masing-masing yaitu beton dengan campuran *fly ash* 40% tanpa substitusi pasir silika limbah *sandblasting* yang menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,65 MPa dan 44,67 MPa. Nilai kuat tekan dari beton dengan substitusi agregat halus pasir silika limbah *sandblasting* masih lebih rendah dibandingkan dengan variabel kontrol, yaitu beton normal dan beton dengan campuran *fly ash* 40% tanpa menggunakan pasir silika limbah *sandblasting* atau menggunakan pasir biasa.

Hasil kuat tekan beton HVFA menggunakan pasir silika limbah *sandblasting* dibandingkan dengan beton HVFA menggunakan pasir biasa menunjukkan penurunan terhadap nilai kuat tekan yang diperoleh beton HVFA menggunakan pasir silika limbah *sandblasting*. Salah satu faktor yang menjadi penyebab penurunan nilai kuat tekan tersebut adalah bentuk fisik dari pasir silika limbah *sandblasting* yang digunakan. Hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh (Fabiolawati, 2020) yang menunjukkan bahwa semakin banyaknya jumlah limbah *sandblasting* membuat kuat tekan yang diperoleh semakin menurun dikarenakan pasir silika limbah *sandblasting* memperlihatkan bentuk morfologi yang tidak beraturan dan terdapat poros yang menyebabkan agregat tersebut memiliki rongga udara. Rongga udara pada agregat ini lebih tinggi sekitar 35% - 38% sehingga beton yang dihasilkan belum cukup baik karena ikatan antar agregat masih kurang kuat (Tomayahu, 2019).

Perbandingan kuat tekan pada sampel beton masing-masing pada umur uji 7 dan 28 hari memiliki kualifikasikualitas mutu seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kualifikasi Kualitas Mutu Beton

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)		Kualifikasi Mutu*
		7 hari	28 hari	
1.	FA0SB0	22,32	33,19	Tinggi
2.	FA40SB0	26,65	44,76	Tinggi
3.	FA40SB100	10,70	21,03	Sedang

*Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Beton normal dengan kode benda uji FS0SB0 memiliki kualifikasi mutu tinggi, beton campuran 40% *Fly Ash* tanpa pasir silika *sandblasting* memiliki kualifikasi mutu tinggi, serta campuran 40% *Fly Ash* dengan pasir silika *sandblasting* memiliki kualitas mutu sedang.

Beton HVFA tanpa dan dengan substitusi agregat halus pasir silika limbah *sandblasting* menurut Pedoman Konstruksi Bangunan Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum RI termasuk kedalam jenis beton mutu sedang yaitu dengan kuat tekan 20 - <35 MPa dan beton mutu tinggi dengan nilai kuat tekan 35-65 MPa yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, dan bangunan bawah jembatan.

4. KESIMPULAN

Komposisi beton HVFA dengan variasi campuran 40% limbah *fly ash* dengan substitusi pasir silika limbah *sandblasting* menghasilkan kuat tekan sebesar 21,03 MPa pada usia beton 28 hari. Pasir silika limbah *sandblasting* dapat dimanfaatkan menjadi substitusi agregat halus pada beton HVFA dan termasuk kedalam jenis beton mutu sedang yang dapat digunakan sebagai beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, dan bangunan bawah jembatan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Kepada Laboratorium Beton, Material Maju, dan Komputasi Mekanik Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang memberikan waktu dan tempat dalam menyelesaikan penelitian ini. Kepada Bapak dan Ibu Dosen Teknik Pengolahan Limbah PPNS, Bapak Adhi Setiawan dan Bapak Luqman Cahyono yang memberi saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. (2001). *ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1* (pp. 1–5). American Concrete Institute.
- Departemen Pekerjaan Umum RI. (2005). *Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jalan dan Jembatan*. Pedoman Konstruksi Bangunan.
- Fabiolawati, A. S. (2020). *Pemanfaatan Fly Ash Tipe C dan Limbah Sandblasting Pada Pembuatan Prototipe Semen Geopolimer*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahmat, Pratiwi, R., & Devi, S. M. (2019). Analisis Limbah Sandblasting Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung. *Seminar Nasional Tahunan VI Program Studi Magister Teknik Sipil ULM*, 48–58. Retrieved from <http://s2tekniksipil.ulm.ac.id/wp-content/uploads/2020/02/6.-Rahmat-Reno-Pratiwi->

dan-Suheriah-Mulia- Devi-1.pdf.

Tomayahu, Yahya. (2019). Analisa Agregat terhadap Kuat Tekan Beton pada Pembangunan Jalan Isimu-Paguyaman (*Pavement Rigid*). *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo* Vo. 4 No. 2.

Tampubolon, M. (2018). *Rekayasa Eksperimen Beton Dengan Penambahan Aditif Mastersure 1007 Untuk Mendapatkan Beton Slump Flow Yang Stabil Pada Beton Dengan Mutu Awal Tinggi.*