

# Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 *Sandblasting* Terhadap Limbah B3 *Sandblasting* Dan *Fly Ash* Sebagai Campuran Beton

Denny Dermawan<sup>1\*</sup>, Mochamad Luqman Ashari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [dennydermawan@yahoo.com](mailto:dennydermawan@yahoo.com)

## Abstrak

*Sandblasting* merupakan metode membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek yang biasanya berbahan dasar metal/ besi dengan bantuan butiran pasir kuarsa yang ditembakkan langsung dari sebuah kompresor bertekanan tinggi ke obyek, efeknya serupa dengan penggunaan amplas. *Sandblasting* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Limbah *sandblasting* tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), karena mengandung unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No 101 Tahun 2014. Pada penelitian limbah *sandblasting* di industri perkapalan di Bahrain, diperoleh data yaitu kandungan logam berat yang tinggi (Madany and Raveendran, 1992). Abu terbang (*fly ash*) dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah beracun dan berbahaya (B3). Abu terbang (*fly ash*) banyak dihasilkan oleh limbah kegiatan PLTU berbahan bakar batu bara. Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah *fly ash* juga akan meningkat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh perbedaan perlakuan sampel beton terhadap nilai kuat tekan beton, kelayakan teknis limbah B3 sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton, dan komposisi terbaik dari pemanfaatan limbah B3. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Sampel beton mendapatkan 2 (dua) perlakuan yaitu perlakuan pertama sampel beton dicampurkan hanya dengan limbah *sandblasting*, sedangkan perlakuan yang kedua sampel beton dicampurkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash*. Produk beton akan di uji kelayakan teknis. Kelayakan teknis di uji melalui pengujian kuat tekan menggunakan alat *universal testing machine* kapasitas 2000 kN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah *sandblasting* pada beton berumur 28 hari terhadap massa semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% menghasilkan nilai kuat tekan 16,43 MPa, 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa, sedangkan untuk penambahan limbah *sandblasting* dan *fly ash* pada beton berumur 28 hari terhadap massa semen sebesar 0%, 5%:30%; 10%:25%; 15%:20%; dan 20%:15% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa; 18,53 MPa; 16,08 MPa; 17,20 MPa; dan 15,91 MPa. Berdasarkan hasil uji kuat tekan tersebut, maka komposisi limbah *sandblasting* yang layak sebagai bahan substitusi dalam pembuatan beton adalah untuk komposisi 10% dan 15%, sedangkan untuk campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* adalah pada komposisi 5%:30% dan 15%:20%. Komposisi terbaik yang diperoleh adalah penambahan limbah *sandblasting* dengan prosentase sebesar 15%.

**Keywords:** limbah B3, *sandblasting*, *fly ash*, beton, uji kuat tekan

## 1. PENDAHULUAN

*Sandblasting* merupakan metode membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek yang biasanya berbahan dasar metal/ besi dengan bantuan butiran pasir kuarsa yang ditembakkan langsung dari sebuah kompresor bertekanan tinggi ke obyek, efeknya serupa dengan penggunaan amplas. *Sandblasting* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Limbah *sandblasting* tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), karena mengandung unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No 101 Tahun 2014. Pada penelitian limbah *sandblasting* di industri perkapalan di Bahrain, diperoleh data yaitu kandungan logam berat yang tinggi (Madany and Raveendran, 1992). Tidak hanya mengandung logam berat, limbah *sandblasting* mengandung unsur utama debu silika (SiO<sub>2</sub>). Apabila debu silika dihirup terus menerus, maka dapat menyebabkan penyakit silikosis.

Abu terbang (*fly ash*) dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah beracun dan berbahaya (B3). Abu terbang (*fly ash*) banyak dihasilkan oleh limbah kegiatan PLTU berbahan bakar batu bara. Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat yaitu jumlah limbah PLTU pada tahun 2000 sebanyak 1,66 juta ton, sedangkan pada

tahun 2006 diperkirakan akan mencapai sekitar 2 juta ton. Khusus untuk limbah abu dari PLTU Suralaya, sejak tahun 2000 hingga tahun 2006, diperkirakan ada akumulasi jumlah abu sebanyak 219.000 ton/tahun (Maryanto, 2008). Dalam konteks dunia, pada tahun 1989, total abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di seluruh dunia mencapai 440 miliar ton. Sekitar 75 persen adalah abu terbang. Produsen utama adalah negara-negara bekas Uni Soviet (99 miliar ton), diikuti Cina (55 miliar ton), Amerika Serikat (53 miliar ton), dan India (40 miliar ton). Produksi abu ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Cina sendiri menghasilkan lebih dari 110 miliar ton abu di tahun 2000, dengan total produksi abu dunia tahun 2000 mencapai angka 661 miliar ton. Kuantitas abu terbang (*fly ash*) yang semakin banyak dalam konteks nasional dan global akan menjadi masalah dan ancaman bagi lingkungan dan manusia.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya (Kurniasari, 2008; Silitonga, 2008; Syamsiah, 2008; Li et al., 2014) konsentrasi unsur-unsur logam berat pada limbah dapat diturunkan dengan metode solidifikasi. Menurut Madany et al. (1991), limbah *sandblasting* pada industri perkapalan dapat dijadikan tambahan campuran beton. Pada penelitian lain (Asavapisit et al., 2001; Mohamed, 2011; Susanti, 2011) penambahan debu silika dapat meningkatkan nilai kuat tekan campuran beton.

Abu terbang (*fly ash*) sering dimanfaatkan dalam produksi semen, meski tingkat pemanfaatannya saat ini masih tergolong rendah. Cina memanfaatkan sekitar 15 persen, India kurang dari lima persen, untuk memanfaatkan abu terbang dalam pembuatan beton. Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) dapat mengurangi penggunaan semen portland dalam pembuatan beton

Penelitian ini akan membahas pengaruh perbedaan perlakuan sampel beton terhadap kelayakan teknis. Sampel beton akan mendapatkan 2 (dua) perlakuan yaitu perlakuan pertama sampel beton dicampurkan hanya dengan limbah *sandblasting*, sedangkan perlakuan yang kedua sampel beton dicampurkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash*. Produk beton akan di uji kelayakan teknis dan lingkungan. Kelayakan teknis di uji melalui pengujian tekanan dilakukan dengan menggunakan alat *universal testing machine* kapasitas 2000 kN.

## 2. METODOLOGI

Langkah langkah yang dilakukan dalam penelitian Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 *Sandblasting* Terhadap Limbah B3 *Sandblasting* Dan *Fly Ash* Sebagai Campuran Beton adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah B3 *sandblasting* dan *fly ash* sebagai bahan campuran beton. Komposisi utama beton normal masih memakai semen, sehingga pemanfaatan limbah B3 bisa menjadi inovasi penggunaan limbah sebagai bahan baku.
- b. Mempersiapkan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini. Persiapan meliputi mempersiapkan cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 30 buah dan mesin uji kuat tekan..
- c. Memeriksa bahan-bahan yang akan digunakan meliputi:
  1. Pemilihan agregat halus. Agregat halus diambil dari Lumajang dengan ayakan No. 0,15 dengan lolos saringan 10,2%. Pemilihan agregat halus ini disesuaikan dengan standart PBI 1971.
  2. Pemilihan agregat kasar. Agregat kasar yang dipilih berasal dari paserpan dengan ukuran 10-20 mm.
  3. Pemilihan limbah *sandblasting*. Limbah *sandblasting* berasal dari industri perkapalan.
  4. Pemilihan *fly ash*. Limbah *fly ash* berasal dari hasil pembakaran batubara. *Fly ash* yang dipilih adalah yang berwarna abu-abu dan mengandung unsur silika yang baik.
  5. Perencanaan komposisi. Komposisi yang digunakan ada lima. Tujuan dari adanya variasi ini adalah untuk mengetahui komposisi yang terbaik guna menghasilkan kuat tekan yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Adapun komposisi yang akan digunakan adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 1 dan 2 berikut.

**Tabel 1. Komposisi Campuran Semen dengan Limbah *Sandblasting***

Komposisi	Semen	<i>Sandblasting</i>
Blangko/Kontrol	100%	0%
Komposisi 1	95%	5%
Komposisi 2	90%	10%
Komposisi 3	85%	15%
Komposisi 4	80%	20%

**Tabel 2. Komposisi Campuran Semen Dengan Limbah Sandblasting dan Fly Ash**

Komposisi	Semen	Sandblasting	Fly Ash
Blangko/Kontrol	100%	0%	0%
Komposisi 1	65%	5%	30%
Komposisi 2	65%	10%	25%
Komposisi 3	85%	15%	20%
Komposisi 4	80%	20%	15%

6. Pembuatan benda uji. Benda uji dibuat dengan cara mencampurkan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan limbah sesuai komposisi yang telah ditentukan. Semua bahan dicampur dengan rata lalu isikan campuran beton yang akan dibuat benda ujinya ke dalam cetakan secara bertahap 3 (tiga) lapis. Masing-masing ditumbuk sebanyak 25 kali. Beton dikeringkan dengan cara di angin-anginkan dan tandai masing-masing sampel.
7. Perendaman. Kegiatan dilakukan pada bak-bak perendaman yang terhindar dari matahari dengan tujuan mengurangi penguapan dan menghindari keretakan pada beton. Perendaman dilakukan selama 7 dan 28 hari.
8. Pengujian kuat tekan. Kegiatan dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*. Pembebanan dilakukan hingga benda uji retak/ hancur sehingga didapatkan kekuatan maksimal dari beton

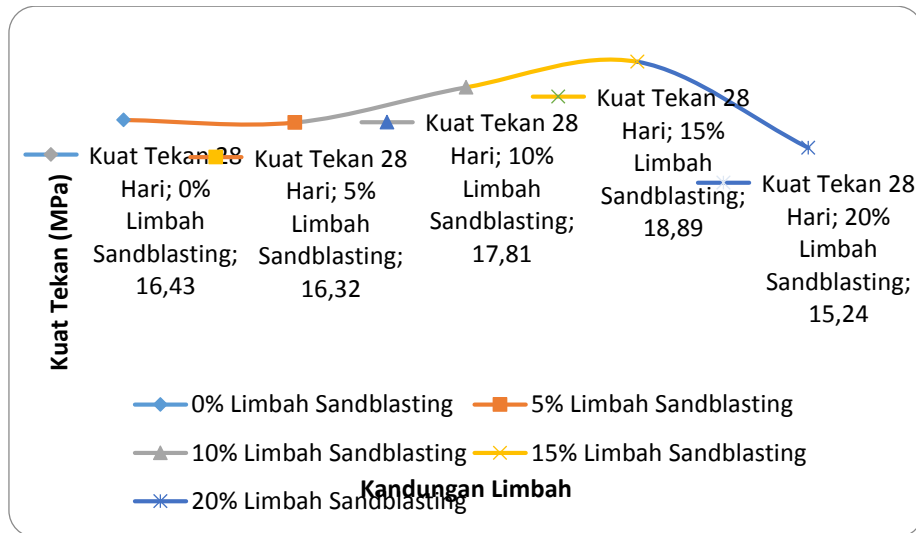
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kuat tekan bertujuan untuk mengontrol komposisi bahan penyusun terutama penambahan limbah *sandblasting* atau kombinasi limbah *sandblasting* dan *fly ash* tersebut sudah memenuhi mutu yang direncanakan yaitu beton dengan kuat tekan karakteristik 15 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi bahan penyusun dengan penambahan limbah *sandblasting* atau kombinasi limbah *sandblasting* dan *fly ash* yang memiliki nilai diatas beton normal adalah beton yang memiliki kelayakan secara teknis. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 3, Gambar 1, Tabel 4 dan Gambar 2 berikut.

**Tabel 3. Analisa Kuat Tekan 28 Hari untuk Limbah Sandblasting**

Kode	Berat (kg)	Luas Penampang	P	f'ci	f'cr	(f'ci-f'cr)	(f'ci-f'cr) <sup>2</sup>	Standar Deviasi	f'c
		(mm <sup>2</sup> )		Hari (MPa)					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
N4	12,12	17.662,5	305.000	16,99	18,31	-1,32	1,75	1,14	16,43
N5	12,33	17.662,5	345.000	19,82		1,51	2,28		
N6	12,39	17.662,5	320.000	18,12		-0,19	0,04		
B4	12,45	17.662,5	310.000	17,55	17,74	-0,19	0,04	0,86	16,32
B5	12,67	17.662,5	300.000	16,99		-0,75	0,57		
B6	12,45	17.662,5	330.000	18,68		0,94	0,89		
C4	12,32	17.662,5	345.000	19,53	19,44	0,09	0,01	0,99	17,81
C5	12,42	17.662,5	325.000	18,40		-1,04	1,08		
C6	12,45	17.662,5	360.000	20,38		0,94	0,89		
D4	12,53	17.662,5	360.000	20,38	19,82	0,57	0,32	0,57	18,89
D5	12,33	17.662,5	350.000	19,82		0,00	0,00		
D6	12,34	17.662,5	340.000	19,25		-0,57	0,32		
E4	12,34	17.662,5	280.000	15,85	17,17	-1,32	1,75	1,18	15,24
E5	12,58	17.662,5	310.000	17,55		0,38	0,14		
E6	12,52	17.662,5	320.000	18,12		0,94	0,89		

(Sumber: Analisa Data, 2016)



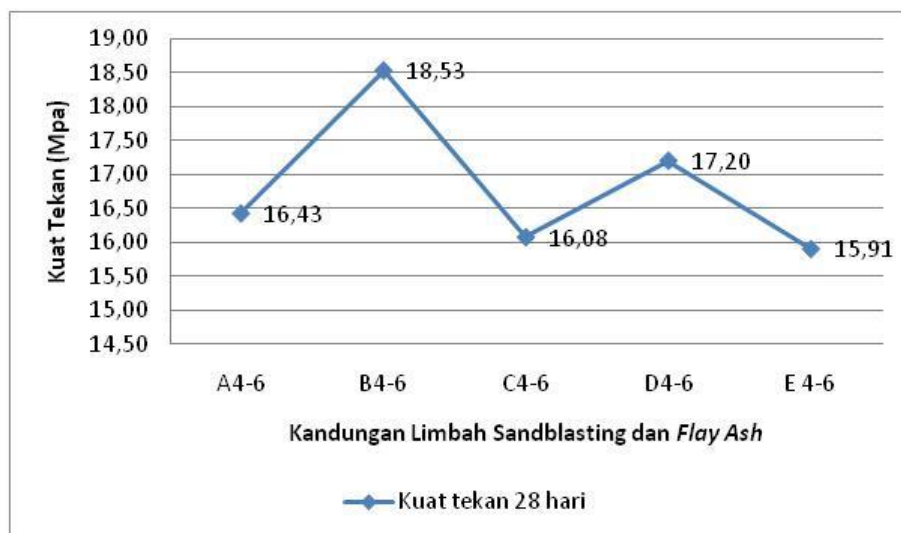
**Gambar 1. Grafik Kuat Tekan 28 Hari untuk Limbah Sandblasting**  
 (Sumber: Analisa Data, 2016)

Pada umur 28 hari beton normal mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5%; 10%; 15%; dan 20% masing-masing mempunyai kuat tekan 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 10% dan 15% mempunyai peningkatan nilai kuat tekan 8,4% dan 14,97 % dari beton normal, sedangkan pada beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5% dan 20% terjadi penurunan kuat tekan sebesar 0,67% dan 8,25%. Beton yang layak untuk uji TCLP adalah beton yang memiliki kelayakan teknis atau yang memiliki nilai kuat tekan diatas beton normal yaitu beton dengan campuran limbah *sandblasting* 10% dan 15% dari berat semen saja.

**Tabel 4. Analisa Kuat Tekan 28 Hari untuk Kombinasi Limbah Sandblasting dan Fly Ash**

C	Berat (kg)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	P	f <sub>ci</sub> (N)	f <sub>cr</sub> (MPa)	(f <sub>ci</sub> -f <sub>cr</sub> )	(f <sub>ci</sub> -f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>	Standar Deviasi	f <sub>c</sub> (MPa)
A4	12,12	17662,5	305.000	17,27	18,31	-1,04	1,08	1,14	16,43
A5	12,33	17662,5	345.000	19,53		1,23	1,50		
A6	12,39	17662,5	320.000	18,12		-0,19	0,04		
B4	12,64	17662,5	350.000	19,82	20,29	-0,47	0,22	1,07	18,53
B5	12,62	17662,5	380.000	21,51		1,23	1,50		
B6	12,73	17662,5	345.000	19,53		-0,75	0,57		
C4	12,78	17662,5	420.000	23,78	25,10	-1,32	1,75	5,50	16,08
C5	12,66	17662,5	550.000	31,14		6,04	36,47		
C6	12,53	17662,5	360.000	20,38		-4,72	22,26		
D4	12,63	17662,5	310.000	17,55	17,74	-0,19	0,04	0,33	17,20
D5	12,73	17662,5	310.000	17,55		-0,19	0,04		
D6	12,84	17662,5	320.000	18,12		0,38	0,14		
E4	12,52	17662,5	300.000	16,99	19,53	-2,55	6,49	2,21	15,91
E5	12,84	17662,5	365.000	20,67		1,13	1,28		
E6	12,91	17662,5	370.000	20,95		1,42	2,00		

(Sumber: Analisa Data, 2016)



**Gambar 5.4. Grafik Kuat Tekan 28 Hari untuk Kombinasi Limbah Sandblasting dan Fly Ash**

(Sumber: Analisa Data, 2016)

Pada umur 28 hari beton normal ( $A_{4-6}$ ) mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* dengan campuran  $B_{4-6}$  mempunyai kuat tekan sebesar 18,53 MPa, campuran  $C_{4-6}$  mempunyai kuat tekan sebesar 16,08 MPa, campuran  $D_{4-6}$  mempunyai kuat tekan sebesar 17,20 MPa, dan campuran  $E_{4-6}$  mempunyai kuat tekan sebesar 15,91 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran limbah  $B_{4-6}$  dan  $D_{4-6}$  *Sandblasting dan Fly Ash* yang mempunyai peningkatan nilai kuat tekan 12,78% dan 4,69% dari beton normal. Sedangkan pada beton dengan campuran limbah  $C_{4-6}$  dan  $E_{4-6}$  *Sandblasting dan Fly Ash* terjadi penurunan kuat tekan sebesar 2,18% dan 3,27%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* dengan kadar tertentu dapat mempengaruhi sifat *workability* dari campuran beton yang di hasilkan. Hal ini dikarenakan *Fly Ash* meningkatkan luas permukaan agregat sehingga pasta semen dapat berfungsi sebagai pelumas dan perekat dengan baik. Sedangkan pada *Sandblasting* pada kadar tertentu akan mengalami kenaikan dan penurunan disebabkan apabila kondisi *sandblasting* terlalu banyak akan mengalami perekatan yang kurang. Hal ini disebabkan *sandblasting* memiliki permukaan lebih kasar dibanding dengan *Fly Ash* dan semen sehingga, *sandblasting* tidak bisa maksimal dalam pengikatan maupun mengisi celah pori pori pada beton. Beton yang layak uji TCLP adalah beton yang memiliki kelayakan teknis yaitu beton  $B_{4-6}$  (5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash*) dan  $D_{4-6}$  (15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash*).

Beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% dari berat semen adalah beton dengan komposisi terbaik dibandingkan dengan komposisi yang lain. Beton tersebut memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 18,89 MPa dan mempunyai kandungan logam berat (Cr, Cu, Pb, Zn) di bawah baku mutu TCLP.

Beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*: 30% *Fly Ash* ( $B_{4-6}$ ) dari berat semen adalah beton dengan komposisi terbaik dibandingkan dengan komposisi yang lain. Beton tersebut memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 18,53 MPa dan mempunyai kandungan logam berat (Cr, Cu, Pb, Zn) di bawah baku mutu TCLP.

Hasil ini jika dikomparasikan antara beton dengan campuran limbah *sandblasting* terbaik dengan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* terbaik, maka akan diperoleh beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* ( $B_{4-6}$ ).

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh sampai dengan Laporan Kemajuan ini adalah:

1. Beton normal umur 28 hari mempunyai nilai kuat tekan sebesar 16,43 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 5%; 10%; 15%; dan 20% masing-masing mempunyai kuat tekan 16,32 MPa; 17,81 MPa; 18,89 MPa; dan 15,24 MPa, sedangkan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* dengan campuran 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* ( $B_{4-6}$ ) mempunyai kuat tekan sebesar 18,53 MPa, campuran 10% *Sandblasting*:25% *Fly Ash* ( $C_{4-6}$ ) mempunyai kuat tekan sebesar 16,08 MPa, campuran 15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash* ( $D_{4-6}$ ) mempunyai kuat tekan sebesar 17,20 MPa, dan campuran 20% *Sandblasting*:15% *Fly Ash* ( $E_{4-6}$ ) mempunyai kuat tekan sebesar 15,91 MPa.
2. Beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 10% dan 15% dari berat semen dan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* ( $B_{4-6}$ ) dan 15% *Sandblasting*:20% *Fly Ash* ( $D_{4-6}$ ) dari berat semen adalah beton yang layak secara teknis.

3. Beton dengan campuran limbah *sandblasting* terbaik dengan beton dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* terbaik, jika dikomparasikan maka diperoleh beton dengan campuran limbah *sandblasting* sebesar 15% menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan campuran limbah *sandblasting* dan *fly ash* sebesar 5% *Sandblasting*:30% *Fly Ash* (B<sub>4.6</sub>).

## 5. DAFTAR NOTASI

$f_c$  = kuat tekan [MPa]

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Asavapisit, S., Nanthamontry, W., Polprasert, C. (2001). *Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes*. Cement and Concrete Research, Vol. 31, pp. 1147-1152.
2. Connor, R.J. (1990). *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*. Mc. Graw-Hill Inc. Unite States.
3. Guven, O., Ozdemir, O., Karaagaclioglu, I. E., Celik, M.S. (2014). *Surface Morphologies and Floatability of Sand-Blasted Quartz Particles*. Minerals Engineering, Vol. 70, pp. 1-7.
4. Kardiyono, T. (2005). Bahan Bangunan. Yogyakarta. Andi.
5. Kasiati, E., Wibowo, B. (n.d.). *Pembuatan Paving Block dengan Stabilitas Lusi dan Pasir dengan Ayakan serta Abu Bata dengan penambahan Variasi Semen*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Kurniasari, H. D. (2008). Solidifikasi Limbah Alumina dan Sandblasting PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Bahan Pembuat Keramik. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
7. Li, X., Chen, Q., Zhou, Y., Tyrer, M., Yu, Y. (2014). *Stabilization of Heavy Metals in MSWI Fly Ash Using Silica Fume*. Waste Management, Vol. 34, pp. 2494-2505.
8. Madany, I. M., Raveendran, E. (1992). *Leachability of Heavy Metals from Copper Blasting Grit Waste*. Waste Management & Research, Vol. 10, 87-91.
9. Madany, I. M., Al-Sayed, M. H., Raveendran, E. (1991). *Utilization of Copper Blasting Grit Waste as A Contruction Material*. Waste Management, Vol. 11, pp 35-40.
10. Mohamed, H. A. (2011). *Effect of Fly Ash and Silica Fume on Compressive Strength of Self-Compacting Concrete under Different Curing Conditions*. Ain Shams Engineering Journal, Vol. 2, pp. 79-86.
11. Mulyono, T. (2003). Teknologi Beton. Yogyakarta. Andi.
12. Nugraha, P., Antoni. (2007) Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi. Surabaya. Andi.
13. Putra, S.D., Setyanto, N.W., Efranto, R.Y. (n.d.). *Pemanfaatan Silica Fume Limbah Sandblasting untuk Meningkatkan Kuat Tekan Batako Pejal dengan Taguchi Quality Engineeing Methode*. Universitas Brawijaya.
14. Republik Indonesia. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I. - 2. Bandung. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
15. Republik Indonesia. (2014). Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya. Lembaran Negara RI Tahun 2014, Jakarta. Sekretariat Negara.
16. Republik Indonesia. (2000). SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung. Badan Standardisasi Nasional.
17. Setyanto, Y. (2011). Studi Banding Metode Rancang Campur Beton SK. SNI-1990-03 dan ACI 318. Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.
18. Silitonga, M. (2008). Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT. Pertamina UP IV Cilacap Jawa Tengah sebagai Bata Tahan Api (Teknik Solidifikasi). Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
19. Subekti, A., M. Irmawan, B. Piscesa. (2012). Teknologi Beton dalam Praktek I. Surabaya. ITSPRESS.
20. Susanti, R.D. (2011). Teknologi Bahan Konstruksi. Medan. Institut Teknologi Medan.
21. Syamsiah. (2008). Pemanfaatan Limbah Alumina dan *Sandblasting* PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Bahan Pembuatan *Wall Panel*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
22. USA. (2008). ACI 318-08 tentang *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. American Concrete Institute.