

Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang dengan Pendekatan *Blended Sand*

REZA FAUZI NIRWAN, PRIYANTO SAELAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut teknologi Nasional, Bandung
Email: rezafnirwan@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil perancangan campuran beton abu terbang yang mensubstitusi semen dengan cara pendekatan sand blended, yaitu abu terbang yang mensubstitusi semen diperlakukan sebagai agregat halus, sehingga agregat halus merupakan campuran dari pasir dan abu terbang. Penelitian dilakukan dengan kuat tekan rencana 20 MPa dan 30 MPa. Substitusi semen oleh abu terbang sebesar 10 %, 20 %, dan 30 % dari berat semen. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm, dan pasir dengan modulus kehalusan 2,768, slump rencana 6 cm dan 10 cm. Hasil pengujian tekan silinder beton berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm menunjukkan bahwa kuat tekan beton abu terbang yang dihasilkan berdekatan dengan beton acuan yaitu beton tanpa abu terbang, untuk semua kadar abu terbang yaitu sampai dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang sebesar 30 %. Pendekatan sand blended dapat dilakukan dalam perancangan campuran beton abu terbang.

Kata Kunci : beton abu terbang, kuat tekan, pasir blended

ABSTRACT

This is research was performed to know the result of the test of fly ash concrete mix designed by sand blended method. Fly ash will be treated as fine aggregate so that the total fine aggregate is the consist of fly ash and sand. 20 MPa and 30 MPa concrete mix are designed for 10 %, 20 % and 30 % by weight of cement substitution by fly ash. Concrete mix use 20 mm maximum aggregate size, finess modulus of sand 2.768, and 6 cm and 10 cm slump. Compressive strength tests of 10 cm diameter and 20 cm height cylinder showed that the stength of fly ash concrete is the same as the strength of initial concrete. Fly ash concrete mix can be designed by sand blended approximation.

Keywords : fly ash concrete, compressive strength, blended sand

1. PENDAHULUAN

Semen merupakan material yang tidak ramah lingkungan, sehingga upaya yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh beton adalah dengan cara mengurangi kadar semen yang digunakan, dan diganti dengan bahan tambahan lainnya yang mempunyai kemiripan dengan semen. Bahan tambahan pengganti yang sering digunakan adalah abu terbang. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material abu terbang memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan *specific gravity* antara 2,15-2,6. Sifat kimia yang dimiliki oleh abu terbang berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. mensubtitusi langsung sebagian semen dengan abu terbang, dan diikuti dengan pengurangan pasir atau agregat kasar agar volumenya tetap 1 m³ mengakibatkan kuat tekan 28 hari beton menjadi lebih kecil dibandingkan dengan campuran beton menggunakan semen biasa. Jika dikaji dan dianalisis menggunakan formulasi Dreux Gorrise dengan pendekatan *blended sand*, perancangan campuran beton abu terbang diduga dapat dilakukan dengan hasil yang lebih baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Abu Terbang

Abu terbang adalah limbah dari hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik. Ukuran partikel abu terbang bervariasi mulai dari lebih kecil dari 1 µm (micrometer) hingga lebih besar dari 100 µm. Abu terbang yang dapat digunakan untuk campuran pengganti sebagian semen dalam beton diatur dalam ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3 dan ASTM C 618, dan dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas F, kelas C, dan kelas N.

2.2. Penelitian Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang

Para peneliti dari berbagai negara telah melakukan berbagai macam penelitian mengenai perancangan campuran beton dengan memanfaatkan abu terbang sebagai bahan substitusi semen. Patil, et. al (2017) dari India melakukan penelitian mengenai perancangan campuran beton abu terbang untuk mengetahui perbedaan antara kekuatan dan kelecakan dari beton abu terbang dan beton tanpa abu terbang. Jumlah material yang digunakan dalam campuran beton abu terbang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jumlah Material yang Digunakan dalam Campuran Beton Abu Terbang

Material	Weight [kg/m ³]	Volume [m ³]
Total bahan cementitious	476	-
Semen	333	0,1057
Abu terbang	143	0,0636
Air	142,5	0,1425
Bahan tambah	4,76	0,0045
Udara [1%]	-	0,01
Total	-	0,3263
Agregat kasar	1062	0,4085
Agregat halus	690	0,2652
Total	2375	1

(Sumber: Patil, J. V, 2017)

Dapat diketahui bahwa untuk beton abu terbang material pengganti semen lebih besar dan kandungan semen lebih kecil. jumlah agregat halus dikurangi tapi jumlah agregat kasar dibuat sama. Jumlah air dan kerapatan berkurang karena kerapatan abu terbang lebih rendah dari

Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang
dengan Pendekatan *Blended Sand*

pada semen. Penelitian telah dilakukan oleh Awanti, et. al (2016) dari India untuk mengetahui proporsi campuran beton abu terbang bervolume tinggi dengan hasil uji kuat tekan beton abu terbang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Abu Terbang

Rancangan Campuran	Kuat Tekan Kubus Beton Setelah 28 hari [MPa]
P.35	56,1
50F.35	42,44
55F.35	40,62
60F.35	35,17
65F.35	24,42
P.30	62,28
50F.35	52,1
55F.35	47,31
60F.35	40,84
65F.35	27,69

(Sumber: Awanti, et. al, 2016)

Dari penelitian tersebut diketahui abu terbang lebih efektif pada rasio w/c yang lebih rendah. Selanjutnya penelitian dilakukan oleh Novena, A. (2017) dari Itenas. Komposisi campuran beton abu terbang dihitung dengan cara Dreux, cara penyesuaian volume pasir, dan cara penyesuaian volume batu pecah, dimana semen dimodelkan sebagai semen *blended*. Komposisi campuran beton abu terbang dengan cara Dreux, ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Abu Terbang dengan Cara Dreux

Bahan	Campuran Acuan	Campuran dengan Cara Dreux				
	SNI	1	2	3	4	5
Semen (C42,5) [kg]	366,071	329,464	292,857	256,25	219,643	183,036
Abu terbang [kg]	0	36,6071	73,2142	109,821	146,428	183,036
Pasir [kg]	642,612	723,141	766,54	793,103	653,38	653,38
Batu pecah [kg]	1.048,47	954,055	896,042	855,742	987,295	974,27
Air [kg]	205	205	205	205	205	205
Kuat tekan semen	42,5	39,074	36,154	33,5	31,494	28,871
28 Hari [MPa]						
Volume	1	1	1	1	1	1
<i>Slump</i> [cm]	5	8	7	7	9	16
f'_c prediksi rata - rata [MPa]	20,9	21,68	25,52	20,39	26,32	24,13
f'_c rata-rata [MPa]	20,79	20,25	22,06	17,01	10,8	6,83

(Sumber: Novena, A., 2017)

Perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended cement* dimana kuat tekan beton yang dihasilkan berdekatan dengan kuat tekan beton tanpa abu terbang, hanya dapat dilakukan sampai dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang maksimal 20 % dari berat semen.

2.3. Perancangan Campuran Beton Abu Terbang Dengan Pendekatan *Blended Sand*

Pencampuran beton dengan pendekatan *blended sand* dapat dilakukan menggunakan formulasi Dreux Gorrise, dimana abu terbang yang mensubstitusi semen diperlakukan sebagai agregat halus. Rumus faktor granular G pada perancangan dengan cara Dreux menjadi:

$$G = K * Volume (pasir + abu terbang) \quad ..(1)$$

Nilai K dapat diperlihatkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai K untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$

No.	$V (pasir + abu terbang) / V total agregat$	K
1	$\leq 0,26$	3
2	$0,26 - 0,29$	2
3	$0,29 - 0,39$	1,8
4	$0,39 - 0,43$	1,5
5	$0,43 - 0,49$	1,8
6	$\geq 0,50$	1,5

(Sumber: Thesia, Z., 2013)

Kuat tekan beton abu terbang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Dreux:

$$f_c = G * f_{pc} * \left(\frac{c}{w} - 0,5 \right) \quad ..(2)$$

halmana:

f_c = kuat tekan silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari [MPa],

f_{pc} = kekuatan tekan mortar semen umur 28 hari [MPa],

G = faktor granular atau faktor kekompakan butiran,

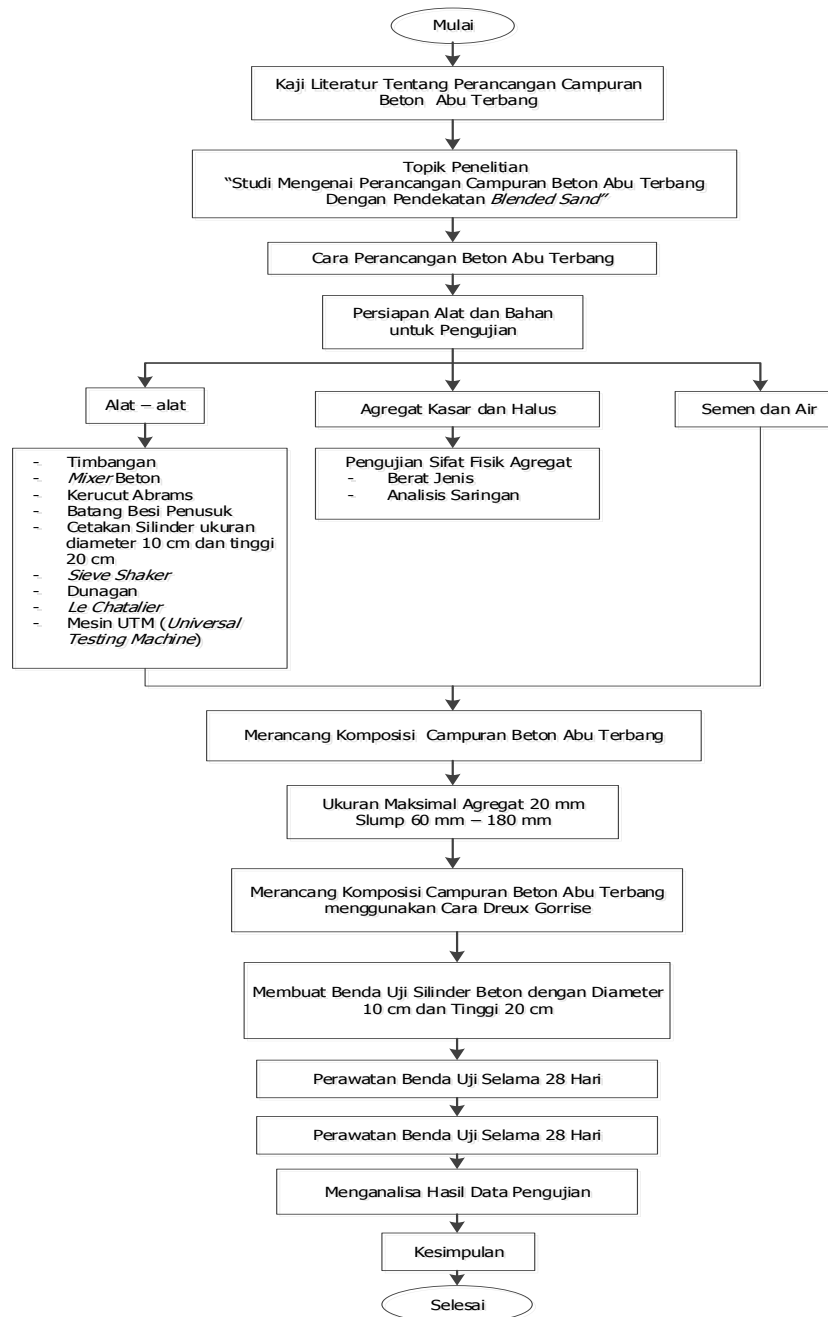
c/w = rasio berat semen terhadap berat air.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan metoda tertera pada **Gambar 1**.

Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang dengan Pendekatan *Blended Sand*



Gambar 1. Bagan alir metode penelitian

3.2. Data Penelitian

Data primer yang digunakan adalah data material pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian Fisik Material yang Digunakan

Parameter	Semen (C42)	Abu Terbang	Agregat Kasar	Agregat Halus
Berat jenis kondisi SSD [kg/m^3]	3.150	2.680	2.605	2.546
Berat jenis kondisi kering [kg/m^3]	-	-	2.461	2.434
Modulus Kehalusan (FM)	-	-	-	2,768

3.3. Variabel Penelitian

Variabel dari penelitian ini terdiri dari:

- (1) kuat tekan 28 hari beton (20 MPa dan 30 MPa);
- (2) slump rencana (6 cm dan 10 cm);
- (3) persen substitusi semen oleh abu terbang (0 %, 10 %, 20 %, dan 30 %).

3.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara membuat grafik yang menggambarkan:

- (1) hubungan antara persentase abu terbang dalam komposisi campuran beton dengan kuat tekan 28 hari beton;
- (2) hubungan antara sebaran kuat tekan rata-rata aktual disekitar kuat tekan prediksi untuk setiap persentase abu terbang dalam campuran beton.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil kuat tekan pada umur 28 hari ditunjukkan pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, **Tabel 8**, dan **Tabel 9**.

Tabel 6. Hasil Uji Tekan Campuran Beton dengan Cara Dreux untuk Kuat Tekan 20 MPa dengan *Slump* 6 cm

Bahan	Campuran Beton			
	1 (0 % FA)	2 (10 % FA)	3 (20 % FA)	4 (30 % FA)
Semen (C42,5) [kg]	312,5	281,25	250	218,75
Abu terbang [kg]	0	31,25	62,5	93,75
Pasir [kg]	664,506	751,07	1.074,412	1.359,564
Batu pecah [kg]	1.070,655	979,48	638,225	346,465
Air [kg]	Semula	208,194	208,194	208,194
	Tambahan	34,703	34,611	68,447
Slump aktual [cm]	4	8,5	5	1
Umur pengujian [hari]	19	14	14	14
Korelasi umur pengujian [%]	94,011	88	88	88
f'_c rata – rata pengujian [MPa]	13,542	9,645	10,128	10,487
f'_c hari dari umur pengujian [MPa]	14,404	10,960	11,509	11,917
f'_c rata – rata prediksi 28 hari [MPa]	15,704	12,884	11,447	10,567

Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang
dengan Pendekatan *Blended Sand*

**Tabel 7. Hasil Uji Tekan Campuran Beton dengan Cara Dreux
untuk Kuat Tekan 20 MPa dengan *Slump* 10 cm**

Bahan	Campuran Beton			
	1 (0 % FA)	2 (10 % FA)	3 (20 % FA)	4 (30 % FA)
Semen (C42,5) [kg]	325	292,5	260	227,5
Abu terbang [kg]	0	32,5	65	97,5
Pasir [kg]	664,506	751,07	1.076,958	1.357,018
Batu pecah [kg]	1.040,176	948,22	609,57	263,886
Air [kg]	Semula	216,522	216,522	216,522
	Tambahan	34,094	33,986	33,731
Slump aktual [cm]	13	12,5	5	7,5
Umur pengujian [hari]	14	20	20	19
Korelasi umur pengujian [%]	88	94,702	94,702	94,011
f'_c rata – rata pengujian [MPa]	11,883	11,513	12,191	12,866
f'_c 28 hari dari umur pengujian [MPa]	13,503	12,157	12,873	13,686
f'_c rata – rata prediksi 28 hari [MPa]	13,257	13,066	13,358	15,066

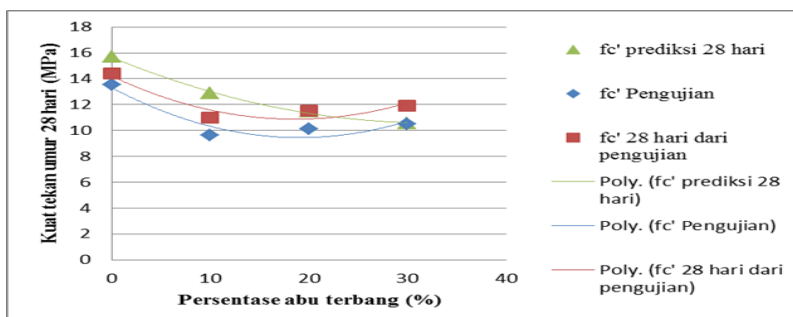
**Tabel 8. Hasil Uji Tekan Campuran Beton dengan Cara Dreux
untuk Kuat Tekan 30 MPa dengan *Slump* 6 cm**

Bahan	Campuran Beton			
	1 (0 % FA)	2 (10 % FA)	3 (20 % FA)	4 (30 % FA)
Semen (C42,5) [kg]	412,5	371,25	330	288,75
Abu terbang [kg]	0	41,25	82,5	123,75
Pasir [kg]	664,506	730,702	1.010,762	1.214,442
Batu pecah [kg]	995,11	922,17	627,805	414,195
Air [kg]	Semula	206,25	206,25	206,25
	Tambahan	33,192	33,057	32,771
Slump aktual [cm]	10	9	4	1
Umur pengujian [hari]	18	18	18	12
Korelasi umur pengujian [%]	93,199	93,199	93,199	83,599
f'_c rata – rata pengujian [MPa]	19,099	23,452	22,769	20,053
f'_c 28 hari dari umur pengujian [MPa]	20,493	24,946	24,430	23,987
f'_c rata – rata prediksi 28 hari [MPa]	20,345	24,289	24,028	23,641

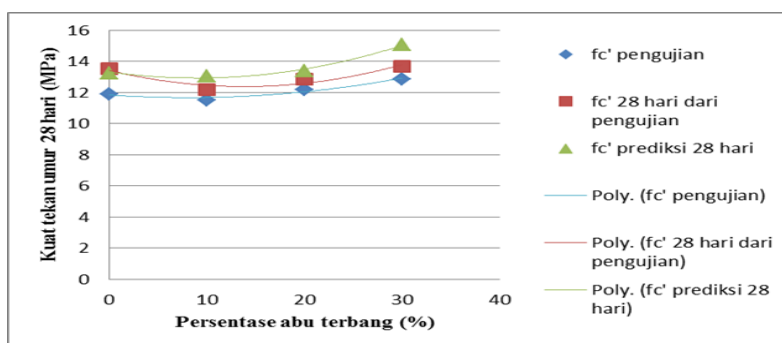
Tabel 9. Hasil Uji Tekan Campuran Beton dengan Cara Dreux untuk Kuat Tekan 30 MPa dengan *Slump* 10 cm

Bahan	Campuran Beton			
	1 (0 % FA)	2 (10 % FA)	3 (20 % FA)	4 (30 % FA)
Semen (C42,5) [kg]	437,5	393,75	350	306,25
Abu terbang [kg]	0	43,75	87,5	131,25
Pasir [kg]	796,9	766,346	1.005,67	1.206,804
Batu pecah [kg]	804,95	874,238	578,31	367,305
Air [kg]	Semula	218,75	218,75	218,75
	Tambahan	32,037	32,817	31,680
Slump aktual [cm]	7	12	5,5	4
Umur pengujian [hari]	11	11	10	10
Korelasi umur pengujian [%]	80,847	80,847	77,662	77,662
f'_c rata – rata pegujian [MPa]	22,573	23,623	22,952	22,132
f'_c 28 hari dari umur pengujian [MPa]	27,921	29,219	29,553	28,497
f'_c rata – rata prediksi 28 hari [MPa]	24,859	25,832	24,491	24,135

Pada **Gambar 1**, **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4** menunjukkan hasil uji tekan campuran beton dalam grafik.

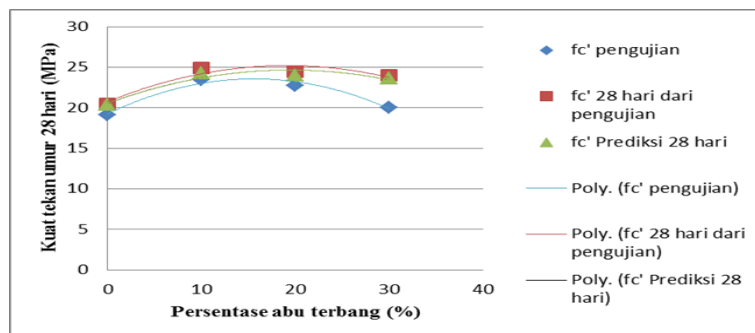


Gambar 1. Hasil uji tekan campuran beton dengan cara Dreux untuk kuat tekan renana 20 MPa dengan *slump* 6 cm

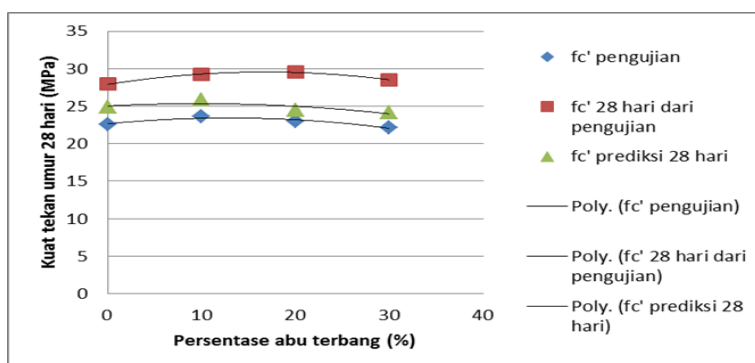


Gambar 2. Hasil uji tekan campuran beton dengan cara Dreux untuk kuat tekan renana 20 MPa dengan *slump* 10 cm

Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang dengan Pendekatan *Blended Sand*



Gambar 3. Hasil uji tekan campuran beton dengan cara Dreux untuk kuat tekan renana 30 MPa dengan *slump* 6 cm



Gambar 4. Hasil uji tekan campuran beton dengan cara Dreux untuk kuat tekan renana 30 MPa dengan *slump* 10 cm

4.2. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Kuat tekan pengujian berdekatan dengan kuat tekan prediksi. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan *blended sand* dalam beton abu terbang dapat diaplikasikan dalam perancangan beton abu terbang.
2. Kuat tekan beton abu terbang yang dihasilkan berdekatan dengan beton acuan yaitu beton tanpa abu terbang, untuk semua kadar abu terbang yaitu sampai dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang sebesar 30 %. Dibandingkan dengan cara *blended cement* yang menghasilkan kuat tekan beton abu terbang yang berdekatan dengan kuat tekan beton tanpa abu terbang yang hanya sampai pada kadar substitusi semen sebesar 20 %, maka hasil perancangan beton abu terbang dengan cara *blended sand* menghasilkan kuat tekan beton abu terbang yang lebih berdekatan dengan kuat tekan beton tanpa abu terbang.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan:

- (1) kuat perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended sand* dapat diaplikasikan untuk merancang campuran beton abu terbang;
- (2) hasil perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended sand* lebih baik dari perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended cement*;
- (3) perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended sand* dapat diaplikasikan sampai dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang sebesar 30% dari berat semen.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian perancangan campuran beton abu terbang dengan pendekatan *blended sand* adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang lebih besar dari 30 % berat semen.

DAFTAR RUJUKAN

- Awanti, S. S. (2016). Mix Design Curves for High Volume Fly Ash Concrete. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental engineering*, 10(10), 1310-1315.
- Novena, A. (2017). *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang Dengan Pendekatan Blended Cement. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional - Bandung.
- Patil, J. V. (2017). Partial Replacement of Cement by Fly Ash in Concrete Mix Design. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(11), 1148-1150.
- Thesia, Z. (2013). *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorrise. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional - Bandung.