

Studi Mengenai Kadar Maksimum Abu Terbang Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton dengan Kuat Tekan Tetap

DEWINDHA PUTRI DEWANTI, ABINHOT SIHOTANG

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: dewindhaputridewanti@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan beton dalam proyek konstruksi yang semakin besar, menuntut penggunaan semen yang semakin tinggi. Upaya yang banyak dilakukan adalah melakukan substitusi semen dengan suatu bahan yang sifatnya sama dengan semen. Abu terbang (fly ash) menjadi salah satu alternatif dalam pengurangan penggunaan semen. Pembuatan campuran beton normal digunakan cara SNI, dan untuk campuran beton abu terbang digunakan perancangan campuran beton metode Dreux dengan permodelan blended cement. Kuat tekan rencana yang dirancang sebesar 40 MPa dengan substitusi semen oleh abu terbang sebesar 0% sampai dengan 50%, dengan nilai pertambahan 5%. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm, dan pengujian berupa kuat tekan beton dilakukan saat umur beton mencapai 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil kuat tekan beton umur 28 hari menunjukkan kadar maksimum substitusi semen oleh abu terbang menggunakan cara Dreux Gorrise dengan permodelan blended cement hanya mencapai kadar 20% abu terbang.

Kata kunci: beton abu terbang, Dreux Gorrise, kuat tekan, semen blended

ABSTRACT

The use of concrete in construction projects is getting bigger, demanding the use of cement which is increasingly high. The current effort is to do cement substitution with a material that has the same properties of cement. Fly ash is an alternative in reducing the use of cement. The preparation of normal concrete mixtures is used by SNI method, and for fly ash concrete mixtures, the Dreux method as a blended cement modeling concrete mixture design is used. The planned compressive strength of 40 MPa with cement substitution by fly ash is 0% to 50%, with a 5% increase. The maximum size of coarse aggregate used is 20 mm, and testing in the form of concrete compressive strength is done when the concrete reaches 7 days, 14 days, and 28 days. The results of 28 days old concrete compressive strength showed the maximum cement substitution level by fly ash using the Dreux Gorrise method with blended cement modeling only reaching 20% fly ash content.

Keywords: fly ash concrete, Dreux Gorrise, compressive strength, blended cement

1. PENDAHULUAN

Beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang sangat umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi struktur bangunan di Indonesia. Penggunaan beton dalam proyek konstruksi yang semakin besar, menuntut beton memiliki kuat tekan tinggi. Hal ini membuat penggunaan material semen semakin banyak dibutuhkan, karena semakin tinggi kuat tekan yang direncanakan, dibutuhkan penggunaan semen yang semakin banyak dalam campuran beton. Upaya yang saat ini banyak dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen adalah dengan melakukan substitusi semen dengan suatu bahan pengganti semen yang memiliki sifat yang sama. Abu terbang (*fly ash*) menjadi salah satu material alternatif dalam pengurangan penggunaan semen pada campuran beton.

Novena, A. (2017) telah melakukan penelitian perancangan beton dengan abu terbang agar kuat beton tetap sama dengan kuat tekan beton sebelum disubstitusi oleh abu terbang. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *blended cement*, dan perhitungan komposisi bahan menggunakan perancangan campuran beton dengan cara Dreux Gorrise. Pada penelitian Novena substitusi semen oleh abu terbang sampai dengan 20%, tidak mengakibatkan kuat tekan beton menurun. Penurunan kuat tekan beton terjadi saat substitusi abu terbang sebanyak 30% atau lebih. Oleh karena itu perlu diketahui kadar maksimum substitusi semen oleh abu terbang yang tidak menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Mengenai Campuran Beton Abu Terbang yang Mengsubstitusi Semen

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk merancang campuran beton dengan mensubstitusikan semen oleh abu terbang (*fly ash*). Novena, A. (2017) merancang komposisi beton dengan abu terbang menggunakan 3 cara, diantaranya cara Dreux, cara penyesuaian volume pasir, dan cara penyesuaian batu pecah, dimana semen dimodelkan sebagai *blended cement*. Penelitian dilakukan dengan kuat tekan rencana dirancang secara SNI sebesar 30 MPa, dengan substitusi semen oleh abu terbang sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil penelitian dari beberapa cara ini dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton dengan Abu Terbang Cara Dreux

Bahan	Cara SNI	Campuran dengan Cara Dreux 1 m ³				
	1 0% FA	2 10% FA	3 20% FA	4 30% FA	5 40% FA	6 50% FA
Semen (C42,5) [kg]	366,071	329,464	292,857	256,250	219,642	183,035
Abu terbang [kg]	0	36,607	73,214	109,821	146,428	183,035
Pasir [kg]	642,612	642,612	642,612	642,612	642,612	642,612
Batu pecah [kg]	1.048,470	1.036,790	1.023,77	1.010,715	997.715	948.690
Air [kg]	205	205	205	205	205	205

(Sumber: Novena, A., 2017)

Tabel 2. Hasil Uji Tekan Campuran Beton dengan Cara Dreux

Parameter	Cara SNI		Campuran dengan Cara Dreux			
	1 0% FA	2 10% FA	3 20% FA	4 30% FA	5 40% FA	6 50% FA
Kuat tekan semen 28 hari [MPa]	42,50	39,07	36,15	33,50	31,49	28,87
Volume [m ³]	1	1	1	1	1	1
Slump [cm]	5,00	2,5	5,00	7,00	11,00	12,00
f'_c prediksi rata-rata [MPa]	20,90	19,27	17,83	16,52	15,53	14,24
f'_c rata-rata [MPa]	20,79	20,51	18,45	14,98	10,47	7,09

(Sumber: Novena, A., 2017)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi abu terbang 20% menghasilkan kuat tekan yang meningkat dibandingkan kuat tekan beton sebelum substitusi. Penurunan kuat tekan terjadi saat substitusi abu terbang lebih dari 20%.

Selanjutnya penelitian dilakukan oleh Gidion dan rekan (2018) pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh abu terbang dalam substitusi terhadap semen. Material abu terbang yang digunakan berasal dari PLTU Mpanau Palu, Sulawesi Tengah. Rasio air semen yang digunakan adalah 0,30 berdasarkan pengujian *trial mixes* yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Proporsi Campuran Beton dengan Abu Terbang

Material	Berat Material Beton per m ³ [kg]				
	Persentasi <i>fly Ash</i> [%], $w/b = 0,30$				
	0	10	15	20	25
Semen	437,713	393,942	372,056	350,170	328,285
<i>Fly Ash</i>	-	43,771	65,657	87,543	109,428
Pasir	688,900	688,900	688,900	688,900	688,900
Agregat	1.256	1.256	1.256	1.256	1.256
Air	126,698	126,698	126,698	126,698	126,698
<i>Superplasticizer</i>	0,119	0,120	0,121	0,122	0,123

(Sumber: Gidion, et al, 2018)

Tabel 4. Perkembangan Kuat Tekan Beton dengan Abu Terbang Berdasarkan Umur Beton

Campuran	3 Hari		7 Hari		21 Hari		28 Hari	
	Berat [kg]	Kekuatan [MPa]	Berat [kg]	Kekuatan [MPa]	Berat [kg]	Kekuatan [MPa]	Berat [kg]	Kekuatan [MPa]
PCC	8,82	36,37	8,81	57,69	8,82	60,64	8,82	62,48
10FA	8,80	36,27	8,77	57,24	8,85	58,18	8,87	60,27
15FA	8,60	42,22	8,84	56,80	8,86	59,96	8,86	66,76
20FA	8,77	43,73	8,65	52,44	8,86	57,64	8,87	61,56
25FA	8,78	39,29	8,74	45,11	8,86	54,84	8,87	56,62

(Sumber: Gidion, et al, 2018)

Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa, jika campuran beton dengan abu terbang dirancang komposisinya dimana penggunaan abu terbang hanya untuk mengurangi jumlah semen saja, dan komposisi bahan lainnya tidak berubah, maka kuat tekan yang dihasilkan akan berkurang. Sebaliknya jika komposisi pasir dan agregat kasar diolah sedemikian rupa, maka kuat tekan beton dengan abu terbang yang dihasilkan tidak mengalami pengurangan, sampai dengan kadar substitusi semen oleh abu terbang sebesar 20%.

2.2 Perancangan Campuran Beton dengan Abu Terbang

Novena (2017) melakukan perencanaan beton dengan abu terbang menggunakan pendekatan semen campuran (*blended cement*). Kuat tekan *blended cement* dapat dihitung melalui persamaan yang diajukan oleh Novena, persamaan ini dapat dilihat dalam **Persamaan 1**.

$$f_b = \left(\frac{BJ \text{ semen abu terbang}}{BJ \text{ semen semula}} \right)^2 * f_{pc} \quad \dots (1)$$

halmana:

- f_b = kuat tekan semen abu terbang (*blended cement*) pada umur 28 hari [MPa],
- f_{pc} = kuat tekan semen semula pada umur 28 hari [MPa],
- BJ = berat jenis.

Pencampuran beton dengan abu terbang dapat dilakukan dalam beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang dikembangkan oleh Dreux Gorrise. Rumusan perancangan campuran beton cara Dreux dapat dinyatakan dengan **Persamaan 2**.

$$f_c = G * f_{PC} * (c/w - 0,5) \quad \dots (2)$$

halmana:

- f_c = kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari [MPa],
- f_{PC} = kuat tekan semen semula pada umur 28 hari [MPa],
- G = faktor granular atau faktor kekompakan butiran (0,35-0,65),
- c/w = rasio berat semen terhadap berat air.

Besarnya faktor granular oleh Dreux Gorrise dirumuskan seperti pada **Tabel 5** berikut ini:

Tabel 5. Nilai Faktor Granular

Kualitas Agregat	Diameter Agregat Kasar [mm]		
	D < 16	25 < D < 40	D ≥ 63
Baik Sekali	0,55	0,60	0,65
Normal	0,45	0,50	0,55
Dapat Dipakai	0,35	0,40	0,45

(Sumber: Azka, A., 2016)

Berdasarkan **Tabel 5**, agregat yang dapat digunakan diketahui melalui nilai faktor granular. Semakin rendah nilai faktor granularnya maka agregat tersebut mengalami penurunan nilai pakai.

Nilai G dapat dihitung menggunakan persamaan yang diajukan Novena, A. (2017). Persamaan ini dapat dilihat pada **Persamaan 3**.

$$G = k * V_{pasir} \quad \dots (3)$$

halmana:

k = konstanta yang nilainya diberikan pada **Tabel 6**,

V_{pasir} = volume pasir dalam 1 m³ beton.

Konstanta nilai k dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut:

Tabel 6. Nilai k untuk $0,40 \leq G \leq 0,60$

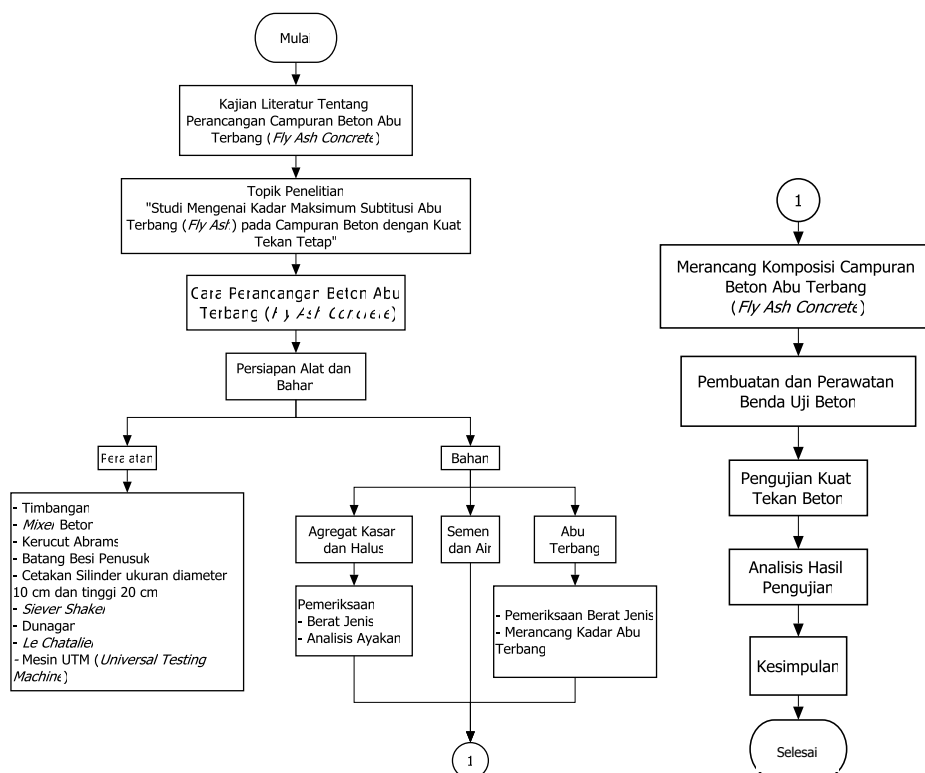
No.	$V_{pasir}/V_{total\ agregat}$	k
1	≤ 0,26	3
2	0,26 - 0,29	2
3	0,29 - 0,39	1,8
4	0,39 - 0,43	1,5
5	0,43 - 0,49	1,8
6	≥ 0,50	1,5

(Sumber: Novena, A., 2017)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan metode yang tertera pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian lanjutan

3.2 Perancangan Campuran Beton Abu Terbang

Perancangan campuran beton normal (beton tanpa abu terbang) dilakukan dengan menggunakan cara SNI 2843-2000 mengenai Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Sedangkan untuk campuran beton dengan abu terbang digunakan perancangan campuran beton metode Dreux dengan permodelan *blended cement*.

3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer yang terdiri dari:

1. Data material yang digunakan, diperoleh melalui pengujian dan pemeriksaan material yaitu berat jenis agregat halus dan kasar, berat jenis abu terbang, serta modulus kehalusan.
2. Jumlah benda uji beton dengan abu terbang dengan substitusi semen oleh abu terbang 0% sampai dengan 50% berat semen dengan penambahan 5%, dapat dilihat pada **Tabel 7**.
3. Data uji kuat tekan beton abu terbang umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Tabel 7. Jumlah Benda Uji

Jenis Benda Uji	Kadar Fly Ash [%]	Jumlah Benda Uji		
		Umur Rencana		
		7 hari	14 hari	28 hari
BN	0	1	1	1
FA1	5	1	1	1
FA2	10	1	1	1
FA3	15	1	1	1
FA4	20	1	1	1
FA5	25	1	1	1

Tabel 7. Jumlah Benda Uji lanjutan

Jenis Benda Uji	Kadar Fly Ash [%]	Jumlah Benda Uji		
		Umur Rencana		
		7 hari	14 hari	28 hari
FA6	30	1	1	1
FA7	35	1	1	1
FA8	40	1	1	1
FA9	45	1	1	1
FA10	50	1	1	1
Total benda Uji		11	11	11
		33		

3.4 Variabel Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian seperti yang ditetapkan pada bab satu, maka ditetapkan variabel penelitian, yaitu:

1. Persen substitusi semen oleh abu terbang.
2. Kuat tekan 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Fisik Material

Pengujian fisik material ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan sebagai penentuan dasar komposisi campuran beton (*trial mix*). Pengujian ini dilakukan pada agregat kasar, agregat halus, dan abu terbang. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian Fisik Material

Parameter	Semen	Abu Terbang	Agregat Kasar	Agregat Halus
Berat jenis kondisi SSD [kg/m ³]	3,15	2,4	2,68	2,52
Berat jenis kondisi Kering [kg/m ³]	-	-	2,63	2,44
Modulus kehalusan [FM]	-	-	7,3	2,82

4.2 Komposisi Campuran Beton

Campuran komposisi beton dengan abu terbang ditentukan berdasarkan data pengujian fisik material dan kuat tekan beton rencana sebesar 40 MPa. Dengan kuat tekan tersebut ditentukan juga nilai slump rencana dan rasio air semen, hal ini dapat dilihat pada **Tabel 9** berikut:

Tabel 9. Komposisi Campuran Beton dengan Abu Terbang 1 m³

Kadar Abu Terbang [%]		FA										
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Semen	[kg]	453,05	430,40	407,75	385,09	362,44	317,14	294,48	271,83	249,18	226,53	226,53
Abu Terbang	[kg]	0	22,65	45,31	67,96	90,61	135,92	158,57	181,22	203,87	226,53	226,53
Pasir	[kg]	726,97	957,60	985,32	1010,52	655,20	655,20	655,20	655,20	655,20	655,20	655,20

Tabel 9. Komposisi Campuran Beton dengan Abu Terbang 1 m³ lanjutan

Kadar Abu Terbang [%]	FA										
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Batu Pecah [kg]	837,55	643,20	570,84	509,20	887,08	873,68	871,00	862,96	857,60	854,92	854,92
Air [kg]	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00
Air [kg]	205,00	205,00	205,00	205,00	180,82	180,82	180,82	180,82	180,82	180,82	180,82

4.3 Perawatan Beton (*Curing*)

Beton segar yang telah dicetak dan mengering diberikan perawatan, hal ini bertujuan supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dan menjaga kelembaban serta suhu beton sampai umur beton rencana. Perawatan ini juga untuk memastikan agar reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai.

Terdapat beberapa metoda perawatan beton, salah satunya yang digunakan dalam pengujian ini adalah metoda merendam beton dengan air sampai permukaan beton terendam, dan proses perawatan ini berlangsung sampai umur beton rencana tercapai yaitu sampai beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

4.4 Hasil Penelitian

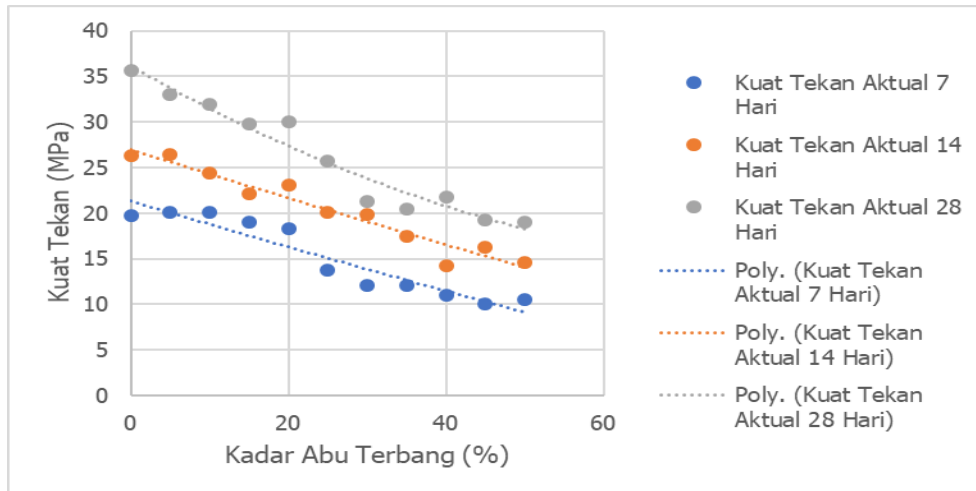
Setelah melalui proses perawatan (*curing*), selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton pada beton normal tanpa abu terbang dan beton dengan abu terbang. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada **Tabel 10** berikut:

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan Beton dengan Abu Terbang

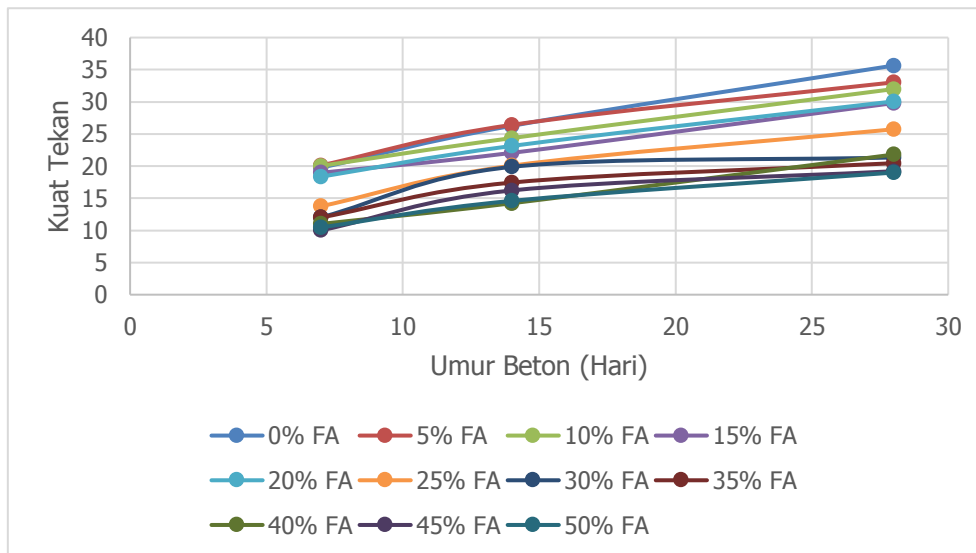
Kadar Abu Terbang [%]	Kuat Tekan [MPa]			
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	Rencana 28 Hari Berdasarkan Formulasi Dreux Gorrise
0	19,75	26,27	35,65	33,18
5	20,12	26,42	33,03	33,18
10	20,04	24,36	31,99	33,18
15	18,97	22,07	29,81	33,18
20	18,35	23,14	30,07	33,18
25	13,76	20,07	25,73	33,18
30	12,03	19,89	21,35	33,18
35	12,02	17,44	20,45	33,18
40	11,01	14,23	21,80	33,18
45	10,01	16,22	19,21	33,18
50	10,47	14,60	19,00	33,18

Penyajian data pada **Tabel 10** diubah dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 2**, dan sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya analisis data berupa grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap umur beton di perlihatkan pada **Gambar 3**.

Studi Mengenai Kadar Maksimum Abu Terbang Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton dengan Kuat Tekan Tetap



Gambar 2. Grafik hasil uji kuat tekan beton dengan abu terbang



Gambar 3. Grafik hubungan kuat tekan beton terhadap umur beton

4.5 Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perancangan kuat tekan beton dengan abu terbang menggunakan formulasi Dreux dan pendekatan *blended cement* menghasilkan kuat tekan beton prediksi sebesar 33,1 MPa. Kuat tekan ini lebih kecil dari pada kuat tekan rencana yaitu sebesar 40 MPa, ini terjadi karena saat perancangan campuran beton dengan abu terbang asumsi agregat kasar dan agregat halus kondisi kering udara akan menyerap air tambahan sebesar 31 liter untuk mencapai kondisi SSD tidak terjadi. Untuk menghasilkan agregat dengan kondisi SSD, agregat memerlukan waktu yang cukup lama, sedangkan pada proses pelaksanaannya pencampuran agregat dengan air tambahan dilakukan pada mesin pengaduk (*mixer*) untuk waktu yang singkat sehingga air tambahan tersebut tidak terserap sampai bagian dalam agregat. Air tambahan ini terserap oleh butiran semen pada saat pencampuran sehingga menambah faktor air semen yang mengakibatkan kuat tekan menjadi berkurang.
2. Beton dengan abu terbang mengalami peningkatan kekuatan berdasarkan umur beton, tetapi kuat tekannya tidak melebihi atau sama dengan kuat tekan beton tanpa abu terbang. Hal ini dibuktikan dengan hasil grafik pada **Gambar 3** yaitu grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap umur beton.

3. Berdasarkan hasil kuat tekan beton dengan abu terbang dengan kadar substitusi 5% sampai 20% pada umur beton 28 hari memperlihatkan bahwa nilai kuat tekannya mendekati nilai kuat tekan beton rencana berdasarkan cara Dreux Gorrise dengan permodelan *blended cement*, sehingga substitusi abu terbang terhadap semen hanya dapat dilakukan sampai kadar 20% abu terbang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Asumsi penambahan air sebesar 31 liter pada perencanaan campuran beton dengan abu terbang yang akan diserap oleh agregat tidak terjadi sehingga kuat tekan yang dihasilkan kurang dari 40 MPa.
2. Kadar maksimum substitusi abu terbang terhadap semen hanya dapat dilakukan sampai kadar substitusi 20% abu terbang. Hal ini disebabkan karena pendekatan perilaku *blended cement* hanya terjadi sampai kadar tersebut, pada kadar substitusi selebihnya abu terbang berperilaku sebagai *filler*.
3. Untuk mendapatkan kuat tekan beton dengan abu terbang yang tetap berdasarkan cara Dreux Gorrise dengan permodelan *blended cement* dibutuhkan berat jenis abu terbang yang nilainya sama dengan berat jenis semen portland.

6. SARAN

Saran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Perlu dilakukan perancangan ulang karena kebutuhan air tambahan sebesar 31 liter memerlukan waktu lebih kurang 24 jam agar agregat kondisi kering udara berubah menjadi agregat kondisi SSD, dan pelaksanaan dilapangan tidak memungkinkan untuk dilakukan.
2. Pembuatan benda uji perlu diperhatikan agar menghasilkan benda uji yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Azka, A. (2016). *Studi Tentang Faktor Granular Tinggi pada Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorrise. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional - Bandung.
- Gidion, T. & Mallisa, H. (2018). Using Cementitious Materials Such as Fly Ash to Replace a Part of Cement in Producing High Strenght Concrete in Hot Water. *Materials Science and Engineering*, 316(012039), 1-5. doi:10.1088/1757-899X/316/1/012039
- Novena, A. (2017). *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Abu Terbang dengan Pendekatan Blended Cement. Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional - Bandung.