

Pengaruh Kuat Tekan Beton Terhadap Penambahan Bestmittel dan Variasi *Fly Ash* dengan Perendaman Air Laut

Effect of Concrete Compressive Strength On The Addition of Bestmittel and Fly Ash Variations with Sea Water Immersion

Ahmad Syahirul Amin, As'at Pujianto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Di era saat ini, perkembangan tentang infrastruktur memang sedang pesat seiring banyaknya proyek yang masih gencar-gencarnya untuk meningkatkan kualitas kehidupan. Untuk bangunan sekitar laut perlu dilakukan perawatan dengan air laut, dan selain memanfaatkan limbah, *fly ash* juga berguna sebagai penutup rongga beton agar kekuatan beton meningkat. Dilain sisi dalam pekerjaan proyek sering kali dibatasi jadwal yang padat, salah satu pekerjaan pengecoran ialah pembongkaran bekisting. Inovasi pada penelitian kali ini yaitu menganalisis beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan kadar *fly ash* 5%, 10%, 15%, dari berat semen dengan perendaman air laut terhadap kuat tekan. Menggunakan alat benda uji silinder ukuran 150 x 300 mm dan *curing* selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil uji tekan beton pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, diperoleh kuat tekan rata-rata masing-masing dengan berurutan *fly ash* 5% yaitu sebesar 18,87 MPa, 24,24 MPa, 35,19 MPa, 30,27 MPa. Untuk *fly ash* 10% sebesar 18,03 MPa, 25,57 MPa, 27,29 MPa, 36,98 MPa. Untuk *fly ash* 15% ialah sebesar 17,89 MPa, 25,25 MPa, 28,71 MPa, 36,95 MPa dengan kuat tekan yang direncanakan 35 MPa. Dapat disimpulkan telah memenuhi kuat tekan rencana dan kuat tekan rata-rata paling terletak pada bestmittel 0,6% dan *fly ash* 10% dengan perendaman air laut sebesar 36,98 MPa.

Kata-kata kunci : Bestmittel, *fly ash*, curing air laut, kuat tekan.

Abstract. *In the current era, the development of infrastructure is indeed fast as many projects are still incessantly improving the quality of life. For building around the sea, it needs to be treated with sea water, and in addition to utilizing waste, fly ash is also useful as a cover for concrete cavities so that the strength of the concrete increases. On the other hand, in project work, it is often limited to a tight schedule, one of the casting jobs is dismantling formwork. The innovation in this research is analyzing concrete with material added bestmittel 0,6% and fly ash 5%, 10%, 15% content from the weight of cement by soaking sea water against compressive strength. Using a cylindrical test object measuring 150 x 300 mm and curing for 3 days, 7 days, 14 days, and 28 days, from the results of the compressive test on concrete at the age of 3 days, 7 days, 14 days, and 28 days, the average compressive strength was obtained with fly ash 5% in the order of 18,87 MPa, 24,24 MPa 35,19 MPa, 30,27 MPa. For fly ash 10% is 18,03 MPa, 25,57 MPa, 27,29 MPa, 36,98 MPa. For fly ash 15% is 17,89 MPa, 25,25 MPa, 28,71 MPa, 36,95 Mpa with a planned compressive strength of 35 Mpa. It can be concluded that it has met the compressive strength of the plan and the highest compressive strength is the highest is bestmittel 0,6% and fly ash 10% with sea water immersion of 36,98 MPa.*

Keywords : Bestmittel, *fly ash*, curing sea water, compressive.

1. Pendahuluan

Perkembangan infrastruktur saat ini memang dalam kondisi yang sedang besar-besarnya untuk dapat meningkatkan kualitas kehidupan. Indonesia yang termasuk dalam Negara dengan panjang garis pantai terpanjang kedua di dunia sekitar hampir 100.000 kilometer masih membutuhkan fasilitas infrastruktur wilayah laut dan sekitarnya yang memadai. Bangunan pemecah ombak, dermaga, jetty, jembatan dekat laut termasuk

bangunan yang terdapat pada wilayah laut, dimana saat perawatan (*curing*) beton menggunakan air laut. Dimana air laut dapat menggerogoti kekuatan beton karena air laut sendiri umumnya mengandung sekitar 3,5% garam, karena dalam garam air laut terdapat klorida (CL) itu bersifat agresif kepada bahan lain, seperti pada beton tersebut. Maka pemakaian *fly ash* selain untuk pemanfaatan limbah batu bara dan mengurangi penggunaan semen juga dapat diharapkan mampu menutupi rongga-rongga yang terdapat pada

beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton dan mengurangi keagresifan air laut untuk beton saat dilakukan *curing*. Di lain sisi sering dalam pekerjaan proyek selalu dibatasi oleh jadwal yang padat, maka dari itu diperlukan perencanaan yang baik, salah satu pekerjaan proyek adalah pengecoran dan hal yang termasuk penting yaitu saat pembongkaran bekisting, harus mengikuti aturan karena apabila terjadi kesalahan maka akan berakibat buruk. Terdapat acuan pembongkaran berdasarkan waktu adalah minimal 24 jam untuk cetakan sisi beton dan 28 hari untuk daerah penyangga atau jika sudah mencapai kekuatan penuh.

Penelitian mengenai bahan tambah zat *additive* berupa *bestmittel* dan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan beton mutu tinggi yang dikerjakan oleh (Ervianto dkk., 2016). Pada pengujian ini telah menunjukkan bahwa penambahan zat adiktif berupa *bestmittel* dengan bahan *fly ash* pada beton mutu tinggi akan berpengaruh pada kuat tekan betonnya, apabila kadar *fly ash* semakin besar itu akan meningkatkan nilai kuat tekannya tetapi apabila terlalu banyak penggunaannya maka akan menurunkan kuat tekan betonnya. Lalu ada penelitian terkait kajian antara kuat tekan beton tambahan *super multidex 568* dengan *bestmittel* dilakukan oleh (Chayati dkk., 2012), selanjutnya tentang *fly ash* dengan penelitian pengaruh pembakaran biofuel *fly ash* terhadap sifat-sifat beton oleh (Nagroekiene dkk., 2015), lalu ada lagi terkait pemanfaatan *fly ash* sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan oleh (Umboh dkk., 2014), ada pula kuat tekan belah dan kuat tekan beton *geopolymer* dengan *fly ash* (Putra dkk., 2014; Manuahe dkk., 2014), menunjukkan adanya unsur silica-besi dan alumina, kemudian tentang pemakaian HVFA pada beton (Siddique, 2010).

Penelitian mengenai pengaruh *fly ash* dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan (Tilik, 2011) kemudian ada Penelitian mengenai campuran kadar *bottom ash* dan lama perendaman air laut terhadap kuat tekan, lendutan, kapasitas lentur, kuat geser dan pola retak balok oleh (Syamsuddin dkk., 2015), lalu penelitian tentang kapasitas retakan GFRP-S pada balok akibat perendaman air laut oleh

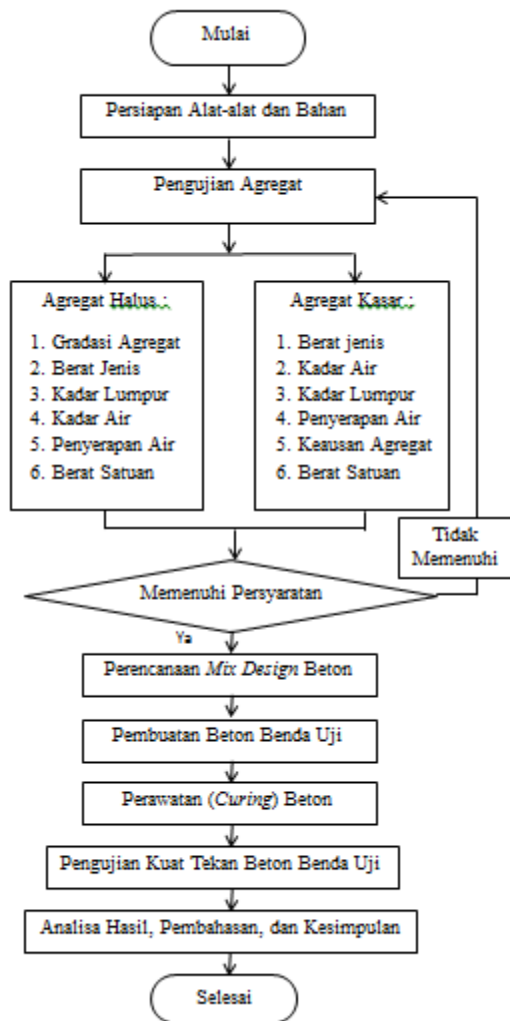
(Djamaluddin dkk., 2016) memperoleh bahwa kadar klorida (CL) rata-rata 18,47 mg/m dan nilai pH 8,00. Perubahan kadar klorida air laut cenderung stabil tanpa ada fluktuatif yang signifikan.

Penelitian beton *curing* air laut adalah untuk mengetahui pangaruh air laut untuk beton terhadap kuat tekannya, karena perendaman menggunakan air laut yang masih jarang dijumpai. Untuk penambahan *fly ash* diharapkan mampu menutupi rongga-rongga pada beton dan mengurangi sifat agresif air laut pada beton selain untuk memanfaatkan limbah batu bara. Penelitian kali ini digunakan benda uji silinder ukuran 150 x 300 mm dengan kadar *bestmittel* 0,6% serta variasi *fly ash* 5%, 10%, dan 15% dengan perendaman air laut. Untuk *bestmittel* ditambahkan pada campuran agar meningkatkan *workability* dan mempercepat usia beton serta meningkatkan kekuatan beton karena mengurangi air. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana kuat tekannya.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian di Laboraturium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dengan persiapan bahan berupa agregat kasar/kerikil dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, D.I.Yogyakarta ukuran 1-2 cm, air bersih, agregat halus pasir progo, dan semen Gresik jenis PPC tipe I, serta bahan tambah campuran variasi *fly ash* 5%, 10%, 15% dan zat *additive bestmittel* 0,6%. Kemudian dilakukannya pemeriksaan bahan agregat halus dan agregat kasar berupa gradasai butiran, kadar air agregat, kadar lumpur, keausan, berat jenis, berat satuan, penyerapan air agregat dengan peralatan yang ada pada Laboraturium, *fly ash* yang digunakan berasal dari Yogyakarta dan di produksi oleh CV.Lestari, *fly ash* termasuk dalam kategori kelas F, perhitungan *mix design* yang mengacu pada peraturan (BSN, 2000).

Adapun bagan alir untuk jalannya pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan alir (flowchart) penelitian

Pengadukan, pemadatan beton, dan pengujian *slump* benda uji menggunakan alat Laboraturium. Benda uji di buat dengan cetakan benda uji silinder ukuran 150 x 300 mm, untuk jumlah setiap variasi *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah masing-masing benda uji

Variasi <i>fly ash</i> (%)	<i>Curing</i> (hari)	Jumlah benda uji	Total
5	3	3	12
	7	3	
	14	3	
	28	3	
10	3	3	12
	7	3	
	28	3	
15	3	3	12
	7	3	
	14	3	
	28	3	
Total seluruh benda uji			36

Kemudian setelah benda uji didiamkan ± 24 jam atau telah mengeras maka tahap akhir yaitu proses perawatan (*curing*) beton agar beton suhu permukaannya tetap stabil. Perawatan (*curing*) disini menggunakan air laut dan akan di uji tekan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan alat uji tekan merk *Hung Ta* kapasitas 150 MPa, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Alat uji tekan merk *Hung Ta*

3. Semen *Portland*

Menurut BSN (2004) semen *portland* merupakan semen hidrolis yang didapat dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis setelah itu digiling dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat serta boleh juga ditambah bahan campuran lain. Semen *portland* juga dibedakan menurut jenis penggunaannya ada 5 yaitu :

- Jenis I, semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan syarat-syarat tertentu seperti yang telah diisyaratkan untuk semen *portland* jenis yang lainnya.
- Jenis II, semen *portland* yang dalam penggunaannya diperlukan kekuatan tahan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- Jenis III, semen *portland* untuk penggunaan dengan kekuatan tinggi pada usia muda setelah pengikatan terjadi.
- Jenis IV, semen *portland* untuk penggunaan yang memerlukan kalor hidrasi yang kecil atau rendah.

- e) Jenis V, semen *portland* untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

4. Bahan Tambah

Menurut BSN (1990) bahan tambah merupakan suatu bahan campuran berupa cairan ataupun bubuk yang ditambahkan dalam adukan beton segar yang telah direncanakan sebelumnya dalam perhitungan *mix design* dengan tujuan agar mengubah sifat betonnya. Dalam pencampuran bahan tambah untuk menggantikan sebagian semen ataupun air telah diperhitungkan dalam *mix design* agar sesuai dengan proposinya dan memperoleh kekuatan tertentu yang diinginkan.

Pada penelitian ini dipakai bahan yang salah satunya cukup populer adalah abu terbang (*fly ash*) dengan kadar sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. *Fly ash* sendiri merupakan bahan residu halus yang dihasilkan dari sias-sisa pembakaran atau pembubukan batu bara kemudian dialirkan oleh aliran udara yang panas (BSN, 2014).

Menurut BSN (2014), *fly ash* telah diklarifikasikan sebagai beberapa kelasnya, diantaranya :

- a) Kelas N, yaitu Pozolan alam mentah atau telah disimpulkan memenuhi persyaratan kelas N yang berlaku, contohnya pada *diatomae* (hasil pelapukan); *tufa* dan abu vulkanik atau batu apung, dikalsinasi ataupun tidak serta berbagai bahan yang memerlukan kalsinasi agar memperoleh sifat yang sesuai. Contohnya lempung dan serpih.
- b) Kelas F, ialah abu terbang (*fly ash*) hasil batu bara yang mempunyai sifat pozolanik. Untuk kelas ini biasanya dihasilkan dari pembakaran antrasit atau batu bara *bituminous*, namun juga dihasilkan dari *subbituminous and lignite*.
- c) Kelas C, adalah abu terbang (*fly ash*) yang mempunyai sifat pozolanik dan sementusius, *fly ash* ini juga biasanya diperoleh dari hasil pembakaran *lignite* atau *subbituminous*, dan juga bisa dihasilkan dari *antrasit* ataupun *bitominous*. Namun *fly ash* ini

mengandung kalsium total dinyatakan dalam kalsium oksida (CaO) > 10%.

Adapun persyaratan kimia abu terbang kelas F untuk bahan tambah dalam campuran beton yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.

Persyaratan kimia abu terbang kelas F (Tilik, 2011)

Senyawa	Kadar (%)
Jumlah oksidasi	70
$\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (min)	
SO_3 (maks)	5
Hilang pijar (maks)	6
Kadar air (maks)	3
Total alkali sebagai Na_2O (maks)	1,5

Salah satu bahan tambah zat *additive* yaitu *bestmittel*. *Bestmittel* sendiri merupakan formula khusus yang sangat ekonomis untuk proses pengecoran, menjadikan beton lebih cepat keras saat usia muda dan mengurangi penggunaan air maka akan meningkatkan mutu/kekuatan beton, yang diproduksi oleh PT. Mergusa Chemie. Dosis yang disarankan yaitu antara 0,2%-0,6% dari berat semen. Adapun *bestmittel* seperti Gambar 3.



Gambar 3 Bestmittel

Perawatan beton merupakan tahapan akhir dari proses pembuatan beton. Perawatan beton penelitian disini digunakan air laut, air laut itu sendiri mengandung garam-garaman sekitar 3,5%, yang dimana terdapat kandungan klorida (CL) yang sifat agresif kepada bahan lain sehingga dapat menggerogoti bahan tersebut, salah satunya beton maka dari itu perlu menambahkan bahan tambah lain dalam campurannya.

5. Hasil dan Pembahasan

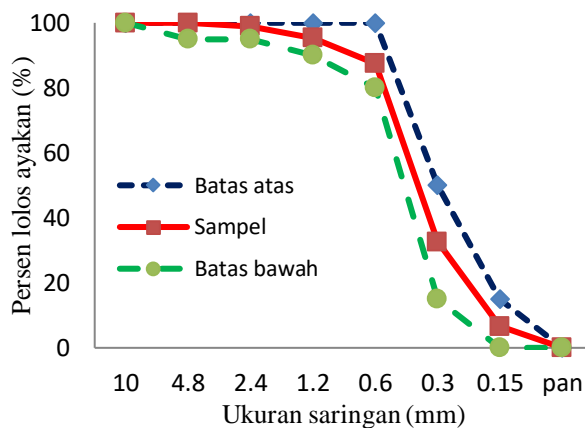
Penelitian ini dilakukan pemeriksaan bahan agregat halus dan agregat kasar, perencanaan *mix design* beton normal, pengujian *slump* benda uji, pengujian kuat tekan beton.

Pada pemeriksaan agregat halus didapatkan gradasi butiran seperti di Tabel 3.

Tabel 3 Gradasi agregat halus

No. saringan	Berat tertinggal (gram)	persen tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Lolos kumulatif (%)
4	0	0	0	100
8	11,32	1,13	1,13	98,87
16	35,04	3,50	4,64	95,36
30	78,80	7,88	12,52	87,48
50	548,56	54,86	67,37	32,63
100	259,94	25,99	93,37	6,63
pan	66,34	6,63	-	-
	1000	100	179,02	

Menurut BSN (1992), dari hasil pemeriksaan gradasi seperti Tabel 3 maka didapatkan agregat berada pada daerah no 4.



Gambar 4 Hubungan ukuran saringan dan persen lolos ayakan daerah 4

Dimana agregat termasuk pasir sedikit agak halus dengan nilai modulus halus butir yaitu sebesar 1,79. Seperti terlihat pada grafik gradasi beserta batas-batasnya yang terdapat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis serta penyerapan air pasir didapatkan berat jenis adalah 2,63 serta penyerapan air 5,82%. Hasil selengkapnya mengenai pemeriksaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan	Hasil rata-rata
Berat jenis tampak	2,91
Berat jenis curah	4,49
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,63
Penyerapan air	5,82%

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan termasuk jenis kategori normal. Untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat halus ini <5% yang artinya bahwa agregat tidak perlu dicuci dimana didapatkan sebesar 1%. Selengkapnya dapat dilihat Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pemeriksaan agregat halus

Pemeriksaan	Hasil
Gradasi butir pasir	Daerah 4
Modulus halus butiran	1,79
Berat jenis agregat	2,63
Penyerapan air (%)	5,82
Kadar lumpur pasir (%)	1
Kadar air pasir (%)	1,40
Berat satuan agregat (gram/cm ³)	1,608

Berdasarkan Tabel 5 dihasilkan pada pemeriksaan kadar air pada agregat halus (pasir) diperoleh sebanyak 1,4%. Berat satuan agregat 1,608 gram/cm³ dan termasuk agregat normal Karena diantara 1,50-1,80.

Untuk pemeriksaan agregat kasar/kerikil dilakukan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, didapatkan SSD 2,59 dan termasuk normal (2,50-2,70), penyerapan air 1,16%. Hasil pemeriksaan dapat lihat Tabel 6.

Tabel 6 Hasil berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan	Hasil
Berat jenis curah	2,56
Berat jenis tampak (ASG)	2,64
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,59
Penyerapan air	1,16

Pemeriksaan berat satuan agregat kasar (kerikil) menghasilkan 1,552 gram/cm³, tergolong dalam berat satuan yang normal (1,50-1,80). Untuk keausan agregat yaitu 18,5% < 40%, telah memenuhi syarat. Untuk pemeriksaan kadar air kerikil dihasilkan sebanyak 1,17% dan pengujian kadar lumpur agregat kasar (kerikil) sebesar 3,2% > 1%, karena tidak memenuhi syarat maka agregat harus dicuci terlebih dahulu saat akan dipakai,

ini diperlukan karena jika lumpur terlalu banyak pada agregat maka dapat berpengaruh pada mutu beton. Selengkapnya mengenai hasil pemeriksaan agregat kasar lihat Tabel 8, dan adapun hasil perhitungan *mix design* terdapat pada Tabel 9 untuk volume beton 1m³.

Tabel 7 Hasil pemeriksaan agregat kasar

Pemeriksaan	Hasil
Berat satuan kerikil (gram/cm ³)	1,45
Kadar air (%)	1,17
Kadar lumpur kerikil (%)	3,20
Berat jenis agregat	2,59
Penyerapan air (%)	1,16
Keausan agregat (%)	18,50

Pada perencanaan *mix design* diperlukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan setiap bahan, *mix design* ini mengacu pada (BSN, 2000).

Tabel 8 Hasil *mix design* volume 1 m³

Bahan	Variasi Fly Ash			Sat
	5%	10%	15%	
Kerikil	1161,10	1161,10	1161,10	kg
Pasir	474,20	474,20	474,20	kg
Semen	474,81	449,82	424,83	kg
Air	201,92	201,92	201,92	l
Fly Ash	24,99	49,98	74,97	kg
Bestmittel	3,00	3,00	3,00	l
Total	2340,18	2340,18	2340,18	

Kemudian Tabel 8 untuk volume 3 buah benda uji silinder ukuran 150 x 300 mm, fas yang digunakan pada perencanaan ini adalah 0,41. Disini digunakan kadar bestmittel 0,6% karena mengacu pada proporsi yang disarankan oleh produk dagang bestmitel itu sendiri yaitu antara 0,2% - 0,6% dari berat semen atau 1 kg bestmittel untuk takaran 200 kg - 450 kg.

Tabel 9 Hasil *mix design* volume 3 benda uji

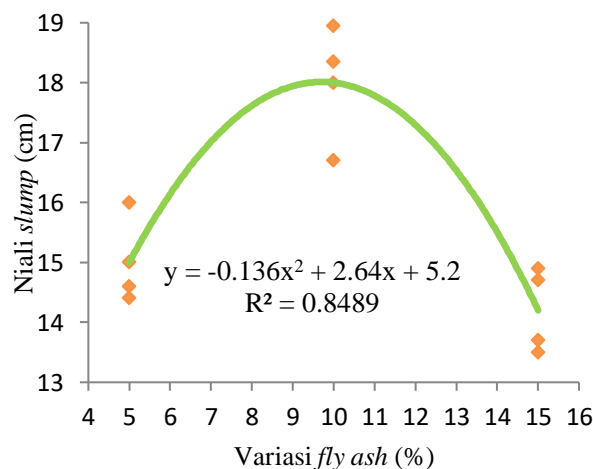
Bahan	Variasi Fly Ash			Sat
	5%	10%	15%	
Kerikil	18,46	18,46	18,46	kg
Pasir	7,54	7,54	7,54	kg
Semen	7,55	7,15	6,75	kg
Air	3,21	3,21	3,21	l
Fly Ash	0,40	0,79	1,19	kg
Bestmittel	0,05	0,05	0,05	l
Total	37,21	37,21	37,21	

Pengujian *slump* diperlukan agar dapat mengetahui pada kelecakan atau encernya beton segar sehingga dapat di ketahui kemudahan pekerjaannya (*workability*) saat pembuatan beton, apabila nilai *slump*-nya rendah maka tingkat *workability*-nya juga akan kecil atau susah namun apabila nilai *slump*-nya semakin tinggi maka tingkat *workability*-nya akan tinggi pula atau lebih mudah dalam pekerjaannya. Selengkapnya hasil *slump* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil pengujian *slump*

Variasi fly ash (%)	Umur curing (hari)	Nilai slump rata-rata (cm)
5	3	16,5
	7	
	14	
10	28	18
	3	
	7	
15	14	14,2
	7	
	28	

Berdasarkan Tabel 10 diperoleh hasil pengujian *slump* beton segar berturut-turut pada variasi *fly ash* 5%, 10%, 15% sebesar 16,5 cm, 18 cm, 14,2 cm. nilai *slump* tertinggi adalah *fly ash* 10% yaitu sebesar 18 cm. berdasarkan Tabel 9 dapat digambarkan grafik variasi *fly ash* dan nilai *slump* seperti Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan variasi *fly ash* dengan nilai *slump*

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh semakin banyak penggunaan *fly ash* maka *slump* akan naik juga, namun apabila penggunaannya terlalu besar justru akan menurunkan tingkat *slump*-nya, pada persamaan $y = -0,136x^2 + 2,64x + 5,2$ didapatkan nilai optimum terletak pada *fly ash* 9,5% yaitu 18,06 cm.

Pada pengujian kuat tekan ini menggunakan alat uji tekan merk *Hung ta* dengan kapasitas 150 MPa, dapat dilihat pada Gambar 4. Benda uji yang digunakan yaitu beton bahan tambah zat *additive* berupa *bestmittel* 0,6% dan variasi *fly ash* 5%, 10%, dan 15% dari berat semen dengan perendaman (*curing*) air laut. Hasil pengujian kuat tekan terlihat pada Tabel 11 untuk *fly ash* 5%, Tabel 12 untuk *fly ash* 10%, dan Tabel 13 untuk *fly ash* 15%.

Tabel 11 Hasil kuat tekan beton *fly ash* 5%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
G1-3FA5%	3	19,44	18,87
G2-3FA5%		18,61	
G3-3FA5%		18,61	
A1-7FA5%	7	20,21	24,24
A2-7FA5%		24,90	
A3-7FA5%		27,61	
D1-14FA5%	14	33,37	35,19
D2-14FA5%		36,64	
D3-14FA5%		35,58	
J1-28FA5%	28	28,54	30,27
J2-28FA5%		31,68	
J3-28FA5%		30,58	

Berdasarkan pada Tabel 11 bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton *bestmittel* 0,6% dan *fly ash* 5% secara berturut-turut diumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari adalah 18,87 MPa, 24,24 MPa, 35,19 MPa, 30,27 MPa.

Tabel 12 Hasil kuat tekan beton *fly ash* 10%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
H1-3FA10%	3	17,78	18,03
H2-3FA10%		18,10	
H3-3FA10%		18,21	
B1-7FA10%	7	26,58	25,57
B2-7FA10%		26,17	
B3-7FA10%		23,97	
E1-14FA10%	14	31,04	27,29
E2-14FA10%		19,73	
E3-14FA10%		31,09	
K1-28FA10%	28	38,02	36,98
K2-28FA10%		37,18	
K3-28FA10%		35,74	

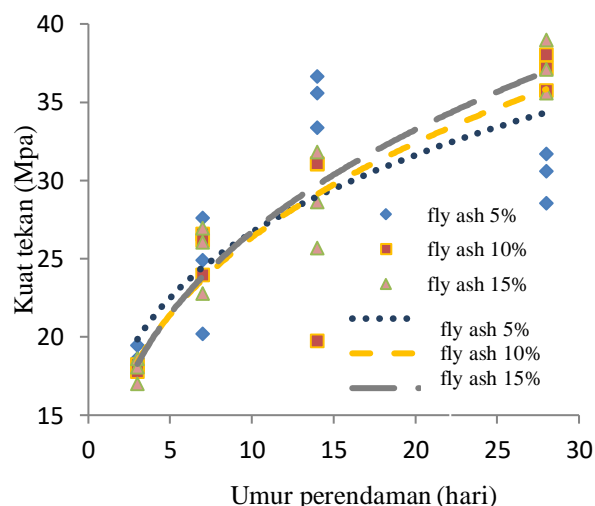
Berdasarkan pada Tabel 12 didapatkan kuat tekan rata-rata beton *bestmittel* dan *fly ash* 10% secara berturut-turut dalam umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari adalah 18,03 MPa, 25,57 MPa, 27,29 MPa, 36,98 MPa.

Untuk beton penambahan variasi *fly ash* 15% diperoleh bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton secara berturut-turut pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan penambahan *bestmittel* 0,6% dan variasi *fly ash* 15% dari berat semen yaitu sebesar 17,89 MPa, 25,25 MPa, 28,71 MPa, dan 36,95 MPa. Adapun hasil lengkap kuat tekan beton *bestmittel* 0,6% dan *fly ash* 15% dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil kuat tekan beton *fly ash* 15%

Kode	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
I1-3FA15%	3	18,59	17,89
I2-3FA15%		18,07	
I3-3FA15%		17,01	
C1-7FA15%	7	22,78	25,25
C1-7FA15%		26,03	
C1-7FA15%		26,94	
F1-14FA15%	14	31,80	28,71
F2-14FA15%		25,69	
F3-14FA15%		28,63	
L1-28FA15%	28	37,10	36,95
L2-28FA15%		35,56	
L3-28FA15%		38,19	

Berdasarkan pada Tabel 11, 12 dan 13, maka grafik hubungan hasil antar kuat tekan menurut umur perendaman beton dengan penambahan kadar *bestmittel* dan perbedaan variasi *fly ash* dari berat semen beton dapat dilihat pada Gambar 6.



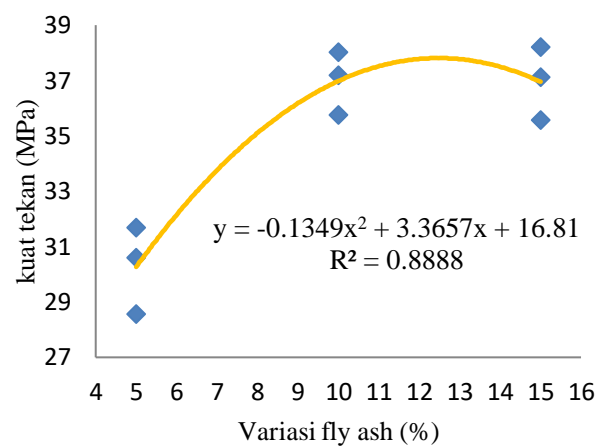
Gambar 6 Hubungan umur perendaman dengan kuat tekan beton

Berdasarkan pada Gambar 6 dapat terlihat bahwa nilai kuat tekan beton pada umumnya akan semakin meningkat apabila umur perendaman semakin lama, karena beton ini termasuk bahan yang awet (ditinjau dari pemakaiannya) maka sebagai standar kuat tekan ditetapkan waktu 28 hari

Dapat dilihat beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan variasi *fly ash* 5%, 10% pada umur perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari dan dengan perendaman (*curing*) air laut telah mencapai kuat tekan rencana yaitu sebesar 35 MPa,. Beton dengan penambahan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5% umur 3 hari, 7 hari, 14 hari mengalami peningkatan kuat tekan tetapi pada saat mencaoai umur 28 hari, beton mengalami penurunan secara drastis untuk kuat tekannya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya kesalahan pada saat proses pembuatan benda uji, pengadukan beton segar, maupun saat pemadatan, atau terjadi reaksi secara kimia pada beton oleh perendaman menggunakan air laut, dikarenakan ketiga benda uji beton dengan campuran bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5% pada umur 28 hari semuanya telah mengalami penurunan kuat tekan karena jika hanya kesalahan pada saat penuangan acak sampelnya maka seharusnya tidak semuanya benda uji tersebut mengalami penurunan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan beton umur perendaman 3 hari rata-ratanya yaitu sebesar 18,87 MPa, untuk umur 7 hari kuat tekan rata-ratanya sebesar 24,24 MPa, umur perendaman (*curing*) 14 hari mempunyai kuat tekan yaitu 35,19 MPa, dan untuk umur 28 hari mempunyai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 30,17 MPa. Kuat tekan beton dengan bahan tambah bestmittel 0,6% dan *fly ash* 10% pada umur perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari yaitu sebesar 18,03 MPa pada umur 3 hari, untuk umur 7 hari mempunyai kuat tekan 25,57 MPa, umur 14 hari kuat tekan yaitu 27,29 MPa, dan untuk umur 28 hari memiliki kuat tekan sebesar 36,98 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan campuran bestmittel 0,6% dan *fly ash* 15% pada umur perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari selalu meningkat. Pada umur 3 hari kuat tekan beton sebesar 17,89 MPa, pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan yaitu 25,25 MPa, untuk umur 14 hari didapatkan kuat tekan sebesar 28,71 MPa, dan

pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 36,95 MPa.

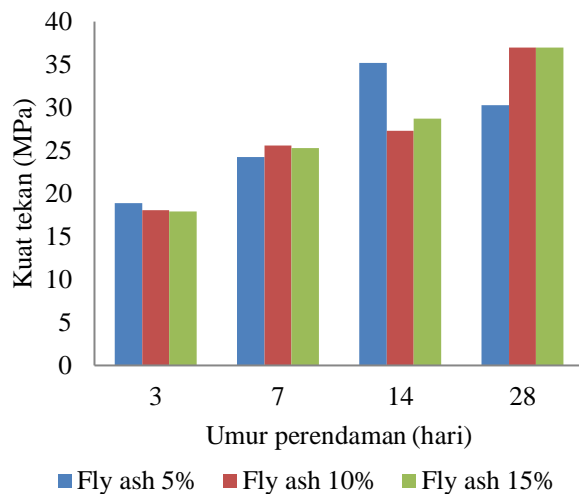
Adapun hubungan pengaruh penambahan kadar *fly ash* terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 7. berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa masing-masing variasi *fly ash* nilai kuat tekan setiap benda ujinya berbeda namun tidak terlalu jauh perbedaannya. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti saat penuangan beton segar atau pengadukan beton sehingga tidak diketahui dalam satu silinder terdapat agregat kasar atau agregat halus lebih banyak dari pada silinder lainnya.



Gambar 7 Hubungan penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan

Berdasarkan Gambar 7 juga terdapat persamaan $y = -0,1349x^2 + 3,3657x + 16,81$ maka didapatkan nilai kuat tekan Pling tinggi (optimum) antara kadar *fly ash* 5%, 10%, dan 15% adalah pada proporsi 12,5% yaitu sebesar 37,80 MPa. Hasil dari persamaan ini diketahui bahwa nilai kuat tekan beton semakin meningkat dengan bertambahnya kadar *fly ash* pada campuran beton, namun penggunaan *fly ash* yang terlalu banyak juga akan menurunkan nilai kuat tekannya karena kadar semen juga akan berkurang karena sesungguhnya *fly ash* belum bisa sepenuhnya mampu seperti semen yang fungsinya memang sebagai pengikat. Nilai kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* dan zat adiktif (bestmittel) sudah sesuai dengan kuat tekan yang telah direncanakan yaitu sebesar 35 MPa, hasil nilai kuat tekan rata-rata maksimal yang didapat sebesar 36,95 MPa, dan untuk kuat tekan benda uji yang tertinggi didapatkan 38,95 MPa.

Agar dapat mengerti bagaimana perbandingan nilai kuat tekan terhadap beton dengan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 5%, 10%, 15% dari berat semen serta perendaman air laut maka dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Hubungan perbandingan 3 variasi *fly ash* terhadap kuat tekan

Berdasarkan dapat dilihat pada Gambar 8 bahwa dari perbandingan semua variasi menunjukkan ternyata yang paling baik atau tinggi adalah variasi *fly ash* 10%.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian kali ini telah dapat disimpulkan diantaranya :

- Penambahan bestmittel dan variasi *fly ash* berpengaruh terhadap kuat tekannya, karena nilai kuat tekan akan semakin meningkat dengan bertambahnya kadar *fly ash* pada campuran beton, namun penggunaan *fly ash* yang terlalu banyak juga akan menurunkan nilai kuat tekannya karena kadar semen juga akan berkurang karena sesungguhnya *fly ash* belum bisa sepenuhnya mampu seperti semen yang fungsinya memang sebagai pengikat.
- Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh analisis bahwa semakin lama usia perendaman yang dilakukan pada beton, maka terjadi proses hidrasi pada waktu perendaman (*curing*) beton dengan menggunakan air laut.
- Nilai kuat tekan beton benda uji setelah dilaksanakannya proses perendaman (*curing*) selama umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari secara berturut-turut untuk beton benda uji dengan bestmittel 0,6%

dan *fly ash* 5% yaitu sebesar 18,87 MPa, 24,24 MPa, 35,19 MPa, 30,27 MPa, untuk beton dengan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 10% adalah 18,03 MPa, 25,57 MPa, 27,29 MPa, 36,98 MPa, dan untuk beton benda uji dengan tambahan bestmittel 0,6% dan *fly ash* 15% didapat 17,89 MPa, 25,25 MPa, 28,71 MPa, 36,95 MPa.

7. Daftar Pustaka

- BSN, 1990. *SNI S-18-1990 Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 1992. *SNI 03-1970-1992 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2000. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2004. *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2014. *SNI 2460:2014 Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Chayati, N., Mustika, D. A., dan Rulhendri. 2012. Kajian Antara Kuat Tekan Beton Tambahan Super Multidex 568 Dengan Bestmittel. *Jurnal Astonjadro*, 1(1), 44-56.
- Djamaluddin, R., Irmawaty, R., dan Kwandou, R. 2016. Kapasitas Rekatan GFRP-S pada Balok Beton Akibat Perendaman Air Laut. *Jurnal Teknik Sipil*, 22(1), 23-30.
- Ervianto, M., Saleh, F., dan Prayuda, H., 2016. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel). *Sinergi*, 20(3), 199-206.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., dan Windah, R. S., 2014. Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277-282.
- Nagrockiene, D., Daugela, A., Zarauska, L., dan Skripiunas, G. 2015. Influence of Biofuel Combustion Fly Ash on the

- Properties of Concrete. *Construction Science*, 17(1), 18-23.
- Putra, A. K., Wallah, S. E., dan Dapas, S. O., 2014. Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(7), 330-336.
- Siddique, R. 2010. Wear Resistance of High-Volume Fly Ash Concrete. *Leonardo Journal of Sciences*, 1(17), 21-36.
- Syamsuddin, R., Hidayat, T., Wibowo, M. A. dan Nuralinah, D. 2015. Pengaruh Campuran Kadar Bottom Ash Dan Lama Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan, Lendutan, Kapasitas Lentur, Kuat Geser Dan Pola Retak Balok. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(1), 9-14.
- Tilik, L. F., 2011. Pengaruh Abu Terbang Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. *Teknika*, 32(1), 1-6.
- Umboh, A. H., Sumajouw, M. D., dan Windah, R. S., 2014. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 2(7), 352-358.