

Pengaruh Substitusi Aditif Dan Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Yang Direndam Pada Air Asin

Candra Pazlan¹, Teuku Budi Aulia², Purwandy Hasibuan³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

email: candra.pazlan@gmail.com

Abstract

This paper present the result of research on the effect of substitution additives and aggregate to compressive strength of high quality concrete that soaked in the salt water. The using concrete is concrete with substitution of pozzolan ash (10%), coal fly ash(15%), palm shell ash (15%) instead of cement, pozzolan sand (10%), palm shell boiler crust (20%) instead of fine aggregate, palm shell boiler crust (40%) instead of rough aggregates and concrete without substitution material. This study aimed to determine the compressive strength of concrete cylindrical test specimens measuring 15 x 30 cm that soaked in the salt water. The duration of treatment were 56 days, 84 days, and 112 days. The result showed, for treatment in the salt water the value of compressive strength using a mixture of pozzolan ash as cement substitution increased by 4,9% at 84 days treatment of the concrete without substitution material (normal).

Keywords: High quality concrete, compressive strength, treatment in the salt water

Abstrak

Tulisan ini menyajikan hasil penelitian pengaruh substitusi aditif dan agregat terhadap kuat tekan beton mutu tinggi yang direndam pada air asin. Beton yang digunakan adalah beton dengan campuran abu pozzolan alam (10%), fly ash batu bara (15%), abu cangkang sawit (15%) sebagai substitusi semen, pasir pozzolan alam (10%), kerak boiler cangkang sawit (20%) sebagai substitusi agregat halus, kerak boiler cangkang sawit (40%) sebagai substitusi agregat kasar dan beton tanpa material substitusi (normal). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton benda uji silinder berukuran 15 x 30 cm yang direndam pada air asin. Lama perawatan adalah 56 hari, 84 hari dan 112 hari. Hasil penelitian menunjukkan, untuk perawatan di air asin nilai kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan campuran abu pasir pozzolan sebagai substitusi semen meningkat sebesar sebesar 4,9% pada umur perawatan 84 hari terhadap beton tanpa material substitusi (normal).

Kata kunci: Beton mutu tinggi, kuat tekan, perawatan di air asin

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton merupakan bahan bangunan paling populer digunakan. Semakin bertambahnya pengetahuan dan teknologi dibidang konstruksi, maka semakin bertambah juga kebutuhan akan beton sehingga banyak sekali konstruksi yang dituntut mampu menerima beban yang sangat besar. Pada perencanaan konstruksi tersebut jika digunakan beton konvensional akan didapatkan dimensi dari struktur yang besar sehingga akan menyebabkan berat struktur yang besar pula. Dengan beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan dan jika ditinjau dari segi ekonomi hal tersebut akan lebih menguntungkan (Pujiyanto^[1]).

Salah satu kelemahan dari beton adalah bertambahnya volume yang sering terjadi pada beton yang langsung bersentuhan dengan tanah maupun air laut. Bertambahnya volume beton yang sudah mengeras ini dapat menyebabkan penurunan kuat tekan pada beton dan juga dapat menyebabkan

korosi. Kerusakan-kerusakan seperti ini biasanya terjadi pada lingkungan yang agresif (Mulyono^[2]). Pada lingkungan yang agresif, sifat durabilitas dari material yang akan digunakan akan dihadapkan pada masalah seperti serangan sulfat yang terkandung pada tanah dan serangan ion klorida yang terkandung pada air laut. Adapun cara untuk mengurangi kelemahan yang terjadi akibat pengaruh lingkungan agresif adalah dengan menggunakan fas rendah dan menggunakan bahan tambah pada perencanaan beton.

Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan yaitu *fly ash* batu bara, bongkahan abu cangkang sawit, dan pozzolan. Bahan tersebut mengandung senyawa silika dan alumina yang juga terkandung dalam semen sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton. Pemilihan bahan tersebut juga dikarenakan ketersediaannya di Indonesia, khususnya di Aceh cukup melimpah. Bongkahan cangkang sawit didapat dari pengolahan bongkahan cangkang sawit hasil pembakaran pada pabrik pengolahan sawit. Sedangkan *fly ash* batu bara merupakan abu sisa hasil pembakaran batu bara. Pasir pozzolan sendiri merupakan material

sedimentasi gunung berapi yang berbentuk butiran pasir yang ketersediaannya cukup melimpah di alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka masalah yang akan dibahas yaitu seberapa besar pengaruh substitusi semen dengan abu pasir pozzolan (10%), abu cangkang sawit (15%), *fly ash* batu bara (15%), terhadap kuat tekan beton yang direndam pada air tawar, air asin dan ditanam di dalam tanah. Hal yang sama juga dipelajari untuk substitusi agregat halus dengan kerak boiler cangkang sawit (20%) dan pasir pozzolan (10%) serta substitusi agregat kasar dengan kerak boiler cangkang sawit (40%). Sebagai pembandingan digunakan beton mutu tinggi tanpa substitusi apapun (normal).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah pada benda uji yang ditanam didalam tanah tidak dilakukan pengujian unsur hara tanah dan benda uji ditanam sedalam 40 cm.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm dengan jumlah benda uji 189 buah yang direndam pada air tawar, air asin dan di dalam tanah.

1.5 Hasil Yang Diperoleh

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan substitusi abu pasir pozzolan sebagai pengganti semen, untuk perawatan pada air tawar terjadi peningkatan sebesar 4,2% pada umur perawatan 112 hari, untuk perawatan pada air asin terjadi peningkatan sebesar 4,9% pada umur perawatan 84 hari dan untuk perawatan di dalam tanah terjadi peningkatan sebesar 0,4% pada umur perawatan 84 hari dari beton tanpa material substitusi (normal).

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Beton Mutu Tinggi

Mulyono^[2] menyatakan kriteria beton mutu tinggi berubah sesuai dengan perkembangan zaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950-an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 MPa, tahun 1960 – 1970 kriterianya naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kekuatannya di atas 50 MPa dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Supartono^[3]).

2.2 Pasir Pozzolan

American Society for Testing and Materials (ASTM)^[4] menyatakan bahwa pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut bereaksi secara kimia dengan kapur dan air pada suhu normal menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air.

Tabel 1. Pemeriksaan komposisi kimia pasir pozzolan

No.	Parameter Uji	Hasil Uji Pozzolanik
		(%)
1	SiO ₂	42,96
2	Fe ₂ O ₃	1,92
3	CaO	0,42
4	MgO	0,28
5	Na ₂ O	0,13
6	K ₂ O	0,36
7	TiO ₂	0,12

Sumber : Lea's^[5]

2.3 Bongkahan Cangkang Sawit

Bongkahan cangkang sawit merupakan limbah hasil pembakaran cangkang kelapa sawit dan serat buah pada suhu 500-700°C di dapur tungku boiler yang dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Dari pembakaran tersebut akan menghasilkan ±3 – 5 ton/minggu kerak boiler (Opirina^[6]). Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih keabuan akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi.

Tabel 2. Komposisi kimia abu sawit hasil pembakaran serat dan cangkang sawit (% massa).

Unsur/Senyawa	Serat (%)	Cangkang (%)
Kalium (K)	9,20	7,5
Natrium (Na)	0,50	1,1
Kalsium (Ca)	4,90	1,5
Magnesium (Mg)	2,30	2,8
Klor (Cl)	2,50	1,3
Karbonat (CaO ₃)	2,60	1,9
Nitrogen (N)	0,04	0,05
Pospat (P)	1,40	0,9
Silika (SiO ₂)	59,10	61

Sumber: Opirina^[6]

2.4 Fly Ash Batu Bara

Menurut ASTM C.618^[4] abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.. Kandungan kimia yang dibutuhkan dalam *fly ash* tercantum dalam Tabel 3 (ASTM C.618-95:305^[4]).

Tabel 3. Kandungan Kimia Fly Ash

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70,0	50,0
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum %	5,0	5,0
Kadar Air, Maksimum %	3,0	3,0
Kehilangan Panas, maksimum %	6,0	6,0

Sumber : ASTM C.618-95:305^[4]

2.5 Superplasticizer

Yulina^[7] menyatakan *superplasticizer* adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal

2.6 Perawatan Beton

Mulyono^[2] menyebutkan perawatan beton ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan, jika hal ini terjadi beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan tinggi awal minimal 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab. Perawatan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi tapi dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap haus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Menurut Mulyono^[2] perawatan beton dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab.
2. Menaruh beton segar dalam genangan air.
3. Menaruh beton segar dalam air.
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air.
5. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
6. Menyirami permukaan beton secara kontinyu.

Menurut Murdock dan Brook^[8], persyaratan perawatan beton untuk bangunan kontruksi dibagi atas tiga bagian yang berbeda-beda keadaan lingkungan, yaitu:

1. Lembab atau dalam ruangan (lingkungan terlindung)
2. Musim panas dengan angin kering (lingkungan tak terlindung), dan
3. Keadaan yang tidak tercakup oleh kedua keadaan tersebut (tertimbun/dalam tanah)

2.7 Durabilitas

Durabilitas beton merupakan kemampuan beton dalam menghadapi segala kondisi dimana beton tersebut direncanakan, tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama jangka waktu layanannya (*serviceability*). Durabilitas suatu beton dapat berkurang menurut Murdock^[8], antara lain disebabkan akibat polusi di kota besar, akibat serangan air laut, serangan sulfat, erosi gerakan air, atau terbentuknya retak rambut. Menurut Neville^[9], kerusakan beton di air laut disebabkan oleh klorida yang terkandung di air laut.

2.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah proposi bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan (Mulyono^[2]).

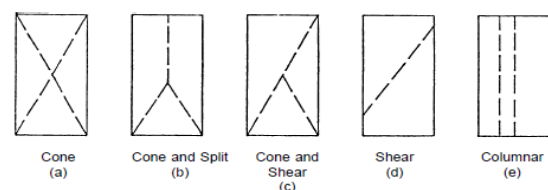
Menurut Amri^[10], kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$f'_c = \sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- σ = Tegangan beton yang timbul (MPa);
- P = Besar beban maksimum yang bekerja (N);
- A = Luas penampang benda uji (mm²).

Pola retak dari benda uji yang telah diuji diamati dan diklasifikasikan bentuk pola retaknya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tipe Pola Retak

2.9 Analisis Varian

Penyelidikan analisa varian dilakukan untuk mengetahui pengaruh nyata dari suatu faktor terhadap perlakuan. Metode penyelidikan yang dipilih adalah analisa varian untuk klarifikasi dua arah model efek, sebagai yang yang sebutkan oleh Hine dan Montgomery^[11].

Tabel 4. Analisa Varian untuk Klasifikasi dua Arah Model Efek Tetap

Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata - rata Kuadrat	F _o
SS _A	a - 1	MS _A = $\frac{SS_A}{a-1}$	F = $\frac{MS_A}{MSE}$
SS _B	b - 1	MS _B = $\frac{SS_B}{b-1}$	F = $\frac{MS_B}{MSE}$
SS _{AB}	(a-1)(b-1)	MS _{AB} = $\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	F = $\frac{MS_{AB}}{MSE}$
SS _E	ab (n-1)	MS _E = $\frac{SSE}{ab(n-1)}$	
SS _r	abn-1		

keterangan :

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{an} - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots 2)$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_j^2}{bn} - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots 3)$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2}{bn} - \frac{y^2}{abn} - SS_A - SS_B \dots\dots\dots 4)$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots 5)$$

$$SS_E = SS_r - SS_{AB} - SS_A - SS_B \dots\dots\dots 6)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{a-1} \dots\dots\dots 7)$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{b-1} \dots\dots\dots 8)$$

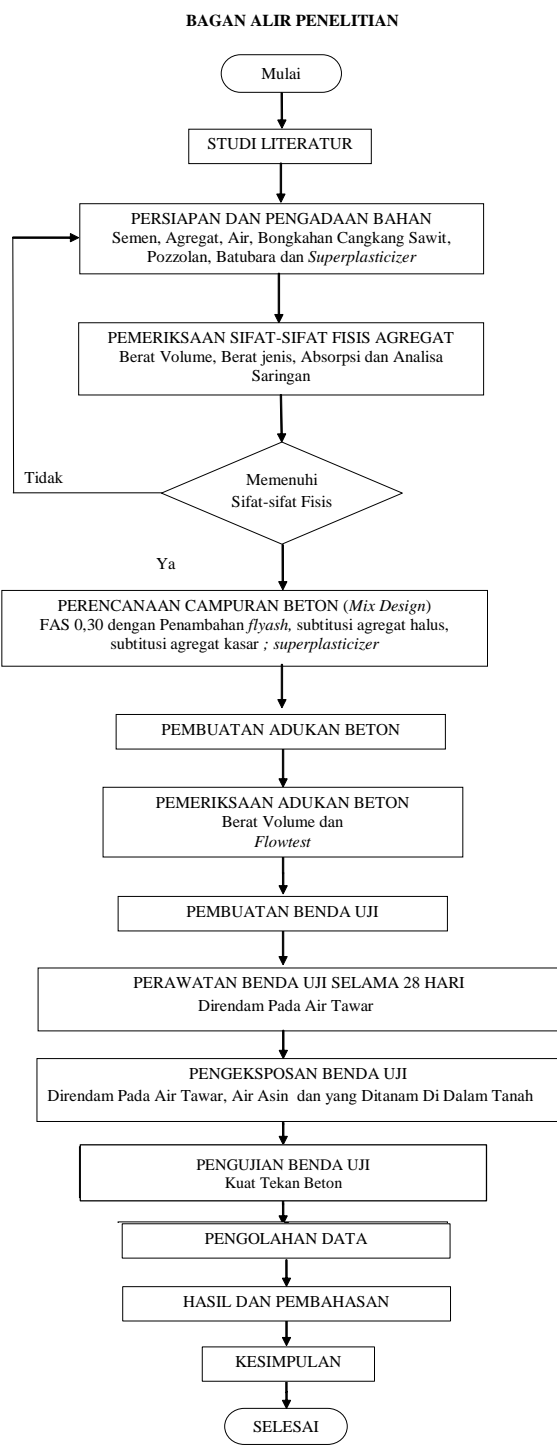
$$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)} \dots\dots\dots 9)$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)} \dots\dots\dots 10)$$

dimana :
 a = jumlah variabel;
 b = jumlah variabel;
 n = jumlah pengulangan benda uji;
 abn = jumlah keseluruhan benda uji;
 an = jumlah keseluruhan faktor a benda uji.

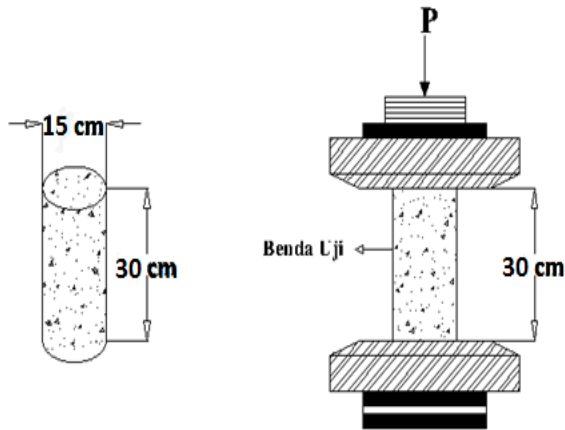
3. Metodologi Perencanaan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan silinder diolah secara statistik sederhana yaitu dengan mengambil rata-rata dari data tersebut. Pengolah data dapat dihitung dengan menggunakan *Software Microsoft Excel 2007* melalui program *trendline*. Metodologi perencanaan dapat dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar 2. Bagan Alir

Pengujian kuat tekan beton menggunakan metode SNI 03-1974-1990^[12] tentang pengujian kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dari dalam tanah sehari sebelum pengujian kuat tekan dilakukan.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Beton

4. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data serta pembahasannya disajikan dari hasil yang didapatkan dari penelitian berupa data-data setelah melakukan pengujian di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data tersebut meliputi komposisi campuran, hasil pengujian kuat tekan beton dan analisis varian.

4.1 Hasil Perencanaan Proporsi Campuran

Hasil perhitungan perencanaan campuran beton untuk 1 m³ beton diperlihatkan pada Tabel 5.

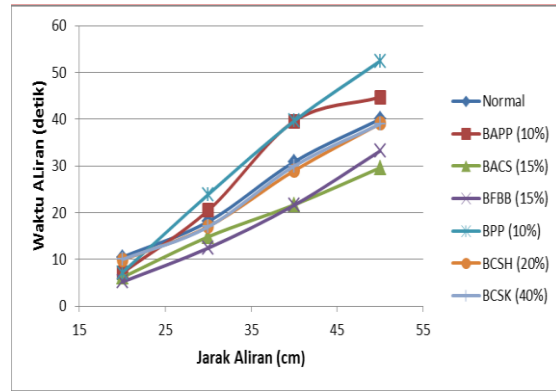
Tabel 5. Proporsi Campuran untuk 1m³ Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Substitusi

Material	Variasi Substitusi						
	0%	BAPP 10%	BACS 15%	BFBB 15%	BPP 10%	BCSH 20%	BCSK 40%
Semen (Kg)	600.00	540.00	510.00	510.00	600.00	600.00	600.00
Split (Kg)	990.46	990.46	990.46	990.46	990.46	990.46	594.27
Pasir (Kg)	660.30	660.30	660.30	660.30	613.43	566.56	660.30
Air (Kg)	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Superplasticizer (Kg)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
SUBSTITUSI (Kg)	0	60.00	90.00	90.00	46.87	93.75	396.18
Jumlah (Kg)	2439.76	2439.76	2439.76	2439.76	2439.76	2439.76	2439.76

*BAPP = Beton Abu Pasir Pozzolan, BACS = Beton Abu Cangkang Sawit, BFBB = Beton Fly Ash Batu bara, BPP = Beton Pasir Pozzolan, BCSH = Beton Cangkang Sawit Agregat Halus, BCSK = Beton Cangkang Sawit Agregat Kasar

4.2 Pengujian Beton Segar

Pengujian *flow test* dilakukan sebelum beton segar dimasukkan ke dalam cetakan. Hasil pemeriksaan untuk masing-masing variasi benda uji diperlihatkan pada Gambar 4 dan Tabel 6.



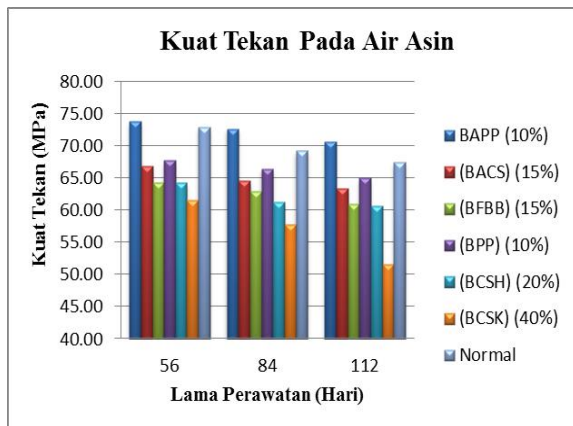
Gambar 4. Grafik Hubungan Jarak dan Waktu Pada Pengujian Flowtest

Tabel 6 Hasil Pengujian Flow Test dan Berat Volume Pengcoran Berdasarkan Variasi Substitusi aditif pengganti semen dan Substitusi Agregat

Variasi Substitusi	Jarak Aliran (cm)	Waktu Aliran (detik)	Kecepatan Aliran (cm/detik)	Kecepatan Aliran Rerata (cm/detik)
Normal	20	10.52	1.901	1.9
	30	18.12	1.656	
	40	30.9	1.294	
	50	40.01	1.250	
BAPP (10%)	20	7.15	2.797	2.8
	30	20.53	1.461	
	40	39.6	1.010	
	50	44.7	1.119	
BACS (15%)	20	6.19	3.231	3.2
	30	14.88	2.016	
	40	21.7	1.843	
	50	29.63	1.687	
BFBB (15%)	20	5.21	3.839	3.8
	30	12.47	2.406	
	40	21.63	1.849	
	50	33.24	1.504	
BPP (10%)	20	7.23	2.766	2.8
	30	23.93	1.254	
	40	39.63	1.009	
	50	52.48	0.953	
BCSH (20%)	20	9.89	2.022	2.0
	30	17.07	1.757	
	40	29.01	1.379	
	50	39.08	1.279	
BCSK (40%)	20	10.01	1.998	2.0
	30	17.01	1.764	
	40	30	1.333	
	50	38.98	1.283	

Tabel 7. Nilai Kuat Tekan Rata-rata pada Beton yang Dirawat di Air Asin.

Perlakuan	Variasi Substitusi	Pengeksposan Hari	Kuat Tekan Mpa	Perbandingan Kuat Tekan Beton %	Selisih (%)
Normal		56	72.925	100	0
		84	69.272	100	0
		112	67.477	100	0
BAPP (10%)		56	73.811	101.2	1.2
		84	72.689	104.9	4.9
		112	70.670	104.7	4.7
(BACS) (15%)		56	66.963	91.8	-8.2
		84	64.623	93.3	-6.7
		112	63.414	94.0	-6.0
Air Asin (BFBB) (15%)		56	64.345	88.2	-11.8
		84	62.940	90.9	-9.1
		112	60.979	90.4	-9.6
(BPP) (10%)		56	67.736	92.9	-7.1
		84	66.477	96.0	-4.0
		112	65.034	96.4	-3.6
(BCSH) (20%)		56	64.289	88.2	-11.8
		84	61.277	88.5	-11.5
		112	60.706	90.0	-10.0
(BCSK) (40%)		56	61.534	84.4	-15.6
		84	57.799	83.4	-16.6
		112	51.600	76.5	-23.5



Gambar 5. Diagram Kuat Tekan Rata-rata Dengan Umur dan Variasi Substitusi pada Beton yang Dirawat di Air Asin.

Berdasarkan tabel dan diagram di atas nilai dapat disimpulkan bahwa perbandingan nilai kuat tekan beton yang paling tinggi terjadi pada umur perawatan 56 hari, diperoleh pada campuran abu pasir pozzolan (10%) sebagai substitusi semen yaitu pada air asin sebesar 1,2%, dan untuk yang ditanam di dalam tanah sebesar 0,2 %.

4.3 Analisis Varian

Penyelidikan analisa varian dilakukan untuk mengetahui pengaruh nyata dari suatu faktor terhadap perlakuan. Metode penyelidikan yang dipilih adalah analisa varian untuk klarifikasi dua arah model efek.

Bila besarnya F_o hitung lebih kecil dari persentase titik distribusi F pada $\alpha = 0,05$ atau $F_o < F_{\alpha; \{(a-1)(b-1)\}; \{ab(n-1)\}}$, maka hasil pengujian yang didapatkan tidak berpengaruh oleh penambahan persentase pada perlakuan penambahan *fly ash* dan substitusi agregat yang berbeda dengan umur yang berbeda dan jenis pengeksposan beton, sebaliknya bila $F_o > F_{\alpha; \{(a-1)(b-1)\}; \{ab(n-1)\}}$, maka persentase pada perlakuan penambahan *fly ash* dan substitusi agregat yang berbeda dengan umur yang berbeda dan jenis pengeksposan beton berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton.

Tabel 8. Analisis Varian Terhadap Pengaruh Penggunaan Substitusi Aditif dan Substitusi Agregat pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi yang Dirawat pada Air Tawar

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F_o	F_o tabel	Ket
Lama Perawatan Benda Uji	117.745	2	58.873	21.958	3.22	Berpengaruh
Substitusi Aditif dan Agregat	839.343	6	139.891	52.176	2.32	Berpengaruh
Interaksi	1111.368	12	3.473	1.295	1.99	Tidak Berpengaruh
Error	112.607	42	2.681			
Total	1111.368	62				

Tabel 9. Analisis Varian Terhadap Pengaruh Penggunaan Substitusi Aditif dan Substitusi Agregat pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi yang Dirawat pada Air Asin

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F_o	F_o tabel	Ket
Lama Perawatan Benda Uji	215.777	2	107.889	30.720	3.22	Berpengaruh
Substitusi Aditif dan Agregat	1425.327	6	237.554	67.640	2.32	Berpengaruh
Interaksi	1855.238	12	0.001	1.581	1.99	Tidak Berpengaruh
Error	147.505	42	3.512			
Total	1855.238	62				

Tabel 10. Analisis Varian Terhadap Pengaruh Penggunaan Substitusi Aditif dan Substitusi Agregat pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi yang Dirawat di Dalam Tanah

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F_o	F_o tabel	Ket
Lama Perawatan Benda Uji	116.970	2	58.485	32.906	3.22	Berpengaruh
Substitusi Aditif dan Agregat	874.549	6	145.758	82.009	2.32	Berpengaruh
Interaksi	1073.655	12	0.001	0.351	1.99	Tidak Berpengaruh
Error	74.648	42	1.777			
Total	1073.655	62				

5. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis varian, lama perawatan benda uji dan penggunaan varian substitusi pada beton mutu tinggi memiliki pengaruh terhadap kuat tekan.
2. Kuat tekan maksimum pada beton yang dirawat di air tawar terjadi pada campuran abu pasir pozzolan sebagai substitusi semen (10%) yaitu sebesar 77,905 MPa, meningkat 4,2% dari beton tanpa substitusi (normal). Untuk perawatan di air asin terjadi pada campuran abu pasir pozzolan sebagai substitusi semen (10%) yaitu sebesar 72,689 MPa, meningkat 4,9% dari beton tanpa substitusi (normal). Sedangkan untuk perawatan di dalam tanah terjadi pada campuran abu pasir pozzolan sebagai substitusi semen (10%) yaitu sebesar 74,732 MPa, meningkat 0,4% dari beton tanpa substitusi (normal).
3. Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan beton mutu tinggi, beton mengalami kenaikan kuat tekan pada perawatan di air tawar dan mengalami penurunan di perawatan air asin dan di dalam tanah. Hanya beton dengan substitusi abu pasir pozzolan yang direkomendasikan karena secara peningkatan kuat tekan beton BAPP jauh lebih baik daripada beton normal dan pada lingkungan air asin, kuat tekannya jauh lebih baik daripada beton normal.

6. Daftar Pustaka

- [1] Pujiyanto, A., *Beton Mutu Tinggi dengan admixture superplasticizer dan aditif silicafume*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol. 14, No.2, Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta, 2011.
- [2] Mulyono, Tri., *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2005.
- [3] F.X Supartono; *Beton berkinerja tinggi, keunggulan dan permasalahannya*; Jakarta : Seminar HAKI tanggal 25 Agustus 1998.
- [4] *Annual Book of American Society For Testing and Materials Standard (ASTM Standard)*, New York, USA, 2004.
- [5] Hewlett, P., *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, Elsevier Science and Technology Books, 2001.
- [6] Opirina, L., *Analisis Kapasitas Lentur Pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Dengan Aditif Dan Substitusi Agregat (Penelitian Dengan Menggunakan Flyash Batubara, Cangkang Sawit, Pasir Pozzolan Dan Nanomaterial Biji Besi)*, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh, 2016.
- [7] Yulina, M., *Pengaruh Penggunaan Bongkahan Cangkang Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi*, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh, 2015.
- [8] Murdock, L.J., dan K.M., Brook, *Bahan dan Pratek Beton*, terjemahan Stephanus Hendarko, Erlangga, Jakarta, 1991.
- [9] Neville, A. M., *Behavior Of Concrete*, English Language Book Society, Long-Man, Singapore, 1981.
- [10] Amri, Sjafei., *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: John Hi-Tech Idetama, 2005.
- [11] Hines, W., dan D.C. Montgomery, *Probabilitas Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*, Edisi Kedua, terjemahan Rudiansyah dan A.H. Manurung, UI Press, Jakarta, 1990.
- [12] SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1990.