Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Subtitusi Fly Ash Ditinjau dari Air Laut dan Air Tawar pada Proses Curing

Dewi Pertiwi[1*], Dewi Kusumaningrum[1], Yanisfa Septiarsilia[1], Jaka Propika[1], Eka Susanti[1], Heri Istiono[1]

[1]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: dewipertiwi@itats.ac.id*

Abstract

The curing process is an essential stage in concrete production. Before conducting the compressive strength test, the concrete must undergo proper curing to achieve optimal compressive strength. Concrete cured in seawater often exhibits different strength characteristics due to the salt content. This study examines the effects of curing with both seawater and freshwater on concrete containing fly ash. The research aims to compare the compressive strength of concrete with fly ash substitution under two different curing conditions. Using an experimental approach, the study incorporated 40% fly ash and 1% polycarboxylate admixture into the concrete mix to target a high compressive strength of K-500. Results indicate that concrete with fly ash cured in seawater achieved an average compressive strength of 807.40 kg/cm² at 28 days, while concrete cured in freshwater reached only 667.94 kg/cm².

Keywords: *Compressive Strength, Concrete, Curing, Fly Ash*

Abstrak

Proses curing merupakan tahapan penting dalam pembuatan beton. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, beton perlu menjalani proses perawatan terlebih dahulu agar dapat mencapai nilai kuat tekan yang optimal. Beton yang berada pada air laut akan memiliki kuat tekan yang berbeda karena air laut memiliki kadar garam. Maka dari itu pada penelitian ini digunakan air laut dan air tawar pada saat proses curing. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dengan subtisusi *fly ash* yang perawatannya menggunakan air laut dan air tawar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini digunakan *fly ash* 40% dan zat admixture *polycarboxylate* 1% dalam pembuatan sampel beton untuk mendapatkan kuat tekan rencana yang tinggi yaitu k-500. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu beton fly ash yang dicuring dengan air laut menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang lebih rendah pada 28 hari yaitu 807.40 kg/cm^2 dibandingkan beton fly ash yang dicuring dengan air tawar yaitu 667,94 kg/cm^2.

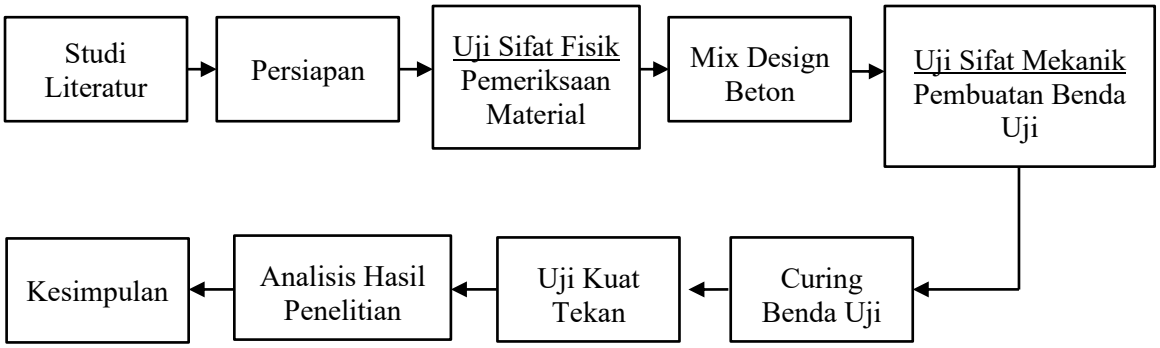
Kata Kunci: Beton, Curing, *Fly Ash*, Kuat Tekan

1. Pendahuluan

Beton merupakan bahan konstruksi utama karena kekuatannya yang tinggi, namun kualitasnya sangat dipengaruhi oleh komposisi material dan proses perawatan (curing). Salah satu bentuk inovasi yang dikembangkan adalah pemanfaatan *Fly Ash* (FA) sebagai pengganti sebagian semen, yang berpotensi meningkatkan kekuatan serta daya tahan beton. Proses curing juga berperan penting, di mana air laut, meskipun melimpah di wilayah pesisir, mengandung klorida dan sulfat yang berpotensi merusak beton, berbeda dengan air tawar yang lebih aman. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa curing dengan air laut dapat menurunkan kuat tekan beton akibat peningkatan panas hidrasi dan risiko retak mikro. Penggunaan *Fly Ash* dapat membantu menstabilkan reaksi hidrasi dan memperbaiki struktur beton. Penelitian ini akan membandingkan kuat tekan beton yang disubstitusi *Fly Ash* dengan proses curing menggunakan air laut dan air tawar [1], [2].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk memperoleh nilai perbandingan kuat tekan beton dengan subtitusi *fly ash* 40% dan *polycarboxylate* 1% dengan media curing air laut dan air tawar.



Gambar 1. Metode Penelitian
Sumber: Data Pribadi (2025)

Uraian kegiatan yang dilakukan:

(1) Studi Literatur
Penulis menemukan bahwa *Fly Ash* (FA), limbah pembakaran batu bara, dapat meningkatkan daya tahan dan kekuatan beton jika digunakan dengan proporsi tepat, sementara *admixture polycarboxylate* berfungsi meningkatkan workability beton tanpa menambah air.

(2) Persiapan
Mempersiapkan bahan-bahan serta alat yang akan digunakan pada saat eksperimental.

(3) Pemeriksaan Material
Memeriksa tiap material untuk campuran beton untuk memastikan material telah memenuhi standart perencanaan mix design. Pemeriksaan material ini meliputi pemeriksaan material semen, agregat kasar, agregat halus, *fly ash.*

(4) Mix Design Beton
Membuat *mix design* beton dengan standar ACI, menggunakan mutu rencana K-500.

(5) Pembuatan Benda Uji
Mixing beton dan mengukur nilai slump, dan membuat benda uji sebanyak 18 benda uji kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan masing – masing 9 benda uji yang dicuring menggunakan air laut dan air tawar.

(6) Curing Benda Uji
Perawatan benda uji menggunakan air tawar dan laut sebagai perbandingan untuk kuat tekan beton.

(7) Uji Kuat Tekan
Uji kuat tekan beton dilaksanakan pada variasi umur perawatan, yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, guna mengetahui perkembangan kekuatan beton seiring waktu. Dimana masing – masing umur diambil 3 benda uji yang dicuring pada air laut dan air tawar.

(8) Analisis Hasil Penelitian
Melakukan evaluasi terhadap kuat tekan beton yang telah diuji untuk penelitian selanjutnya

(9) Kesimpulan
Mendapatkan nilai perbandingan kuat tekan beton yang dicuring dengan air laut dan air tawar.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kuat tekan beton dengan penggunaan fly ash sebesar 40% dan polycarboxylate 1% yang dirawat menggunakan air laut maupun air tawar. Target mutu beton yang direncanakan adalah K-500. Bahan penyusun yang digunakan meliputi semen OPC tipe I, agregat kasar, agregat halus, air, fly ash, serta admixture superplasticizer tipe F. Sebelum proses pembuatan benda uji dilakukan, seluruh material terlebih dahulu diuji untuk memastikan kesesuaiannya sebagai bahan campuran beton.

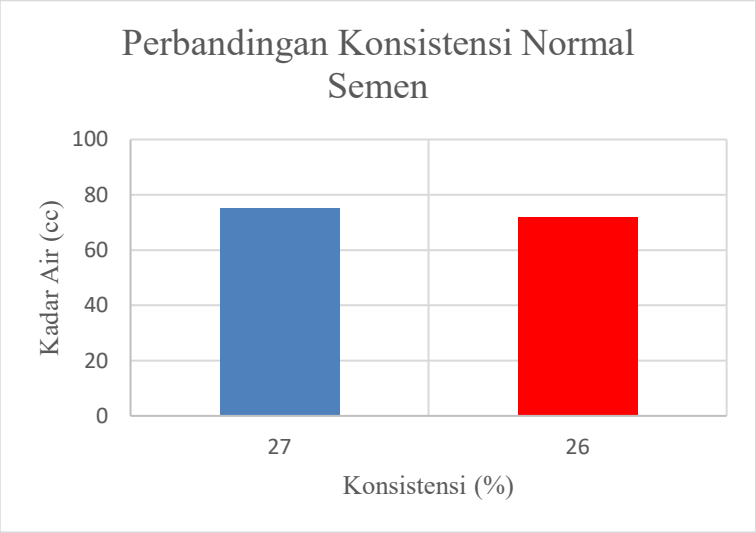
(1) Pemeriksaan Material

- **Semen**

  Pengujian material semen meliputi pengujian konsistensi normal, waktu mengikat, waktu mengeras. Didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Pengujian Konsistensi Normal Semen

No	Jenis Material	*Volume air (cc)*	*Konsistensi (%)*
1	Semen Normal	75	27
2	Semen Subtitusi *Fly Ash* 40%	72	26

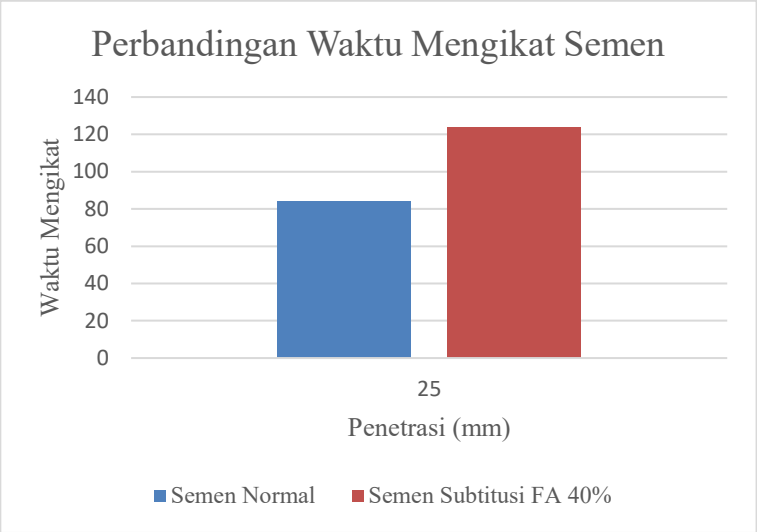


Gambar 2. Grafik Perbandingan Konsistensi Normal Semen

Tabel 2. Pengujian Waktu Mengikat Semen

No	Jenis Material	*Waktu Mengikat (Menit)*
1	Semen Normal	84
2	Semen Subtitusi *Fly Ash* 40%	124

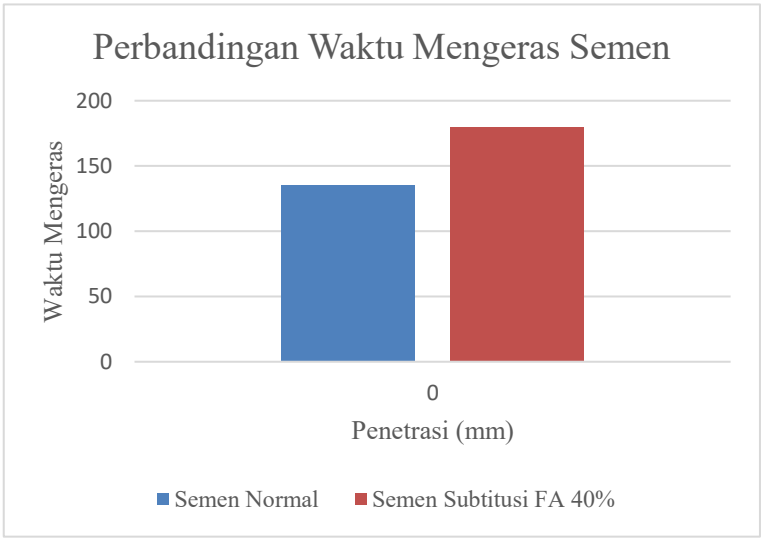
ISSN (*Online*) 2747-0733



Gambar 3. Grafik Perbandingan Waktu Mengikat Semen

Tabel 3. Pengujian Waktu Mengeras Semen

No	Jenis Material	*Waktu Mengeras (Menit)*
1	Semen Normal	135
2	Semen Subtitusi *Fly Ash* 40%	180



Gambar 4. Grafik Perbandingan Waktu Mengeras Semen

- **Agregat Kasar (10/20)**

Pengujian terhadap agregat kasar mencakup analisis gradasi, pemeriksaan kadar lumpur, pengujian berat jenis, serta pengujian daya serap agregat. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	*Hasil*
1	Analisis Saringan	Fm = 7,08
2	Uji Kadar Lumpur	0,415
3	Uji Berat Jenis	2,625
4	Uji Penyerapan	1,97

- **Agregat Halus**

  Pengujian pada agregat halus meliputi analisis gradasi, pemeriksaan kadar lumpur, pengujian berat jenis, serta pengujian daya serap agregat. Hasil pengujian tersebut diperoleh sebagai berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	*Hasil*
1	Analisis Saringan	Zona II Fm = 2,91
2	Uji Kadar Lumpur	2,74
3	Uji Berat Jenis	2,75
4	Uji Penyerapan	1,97

- **Fly Ash**

  Berdasarkan pengujian menunjukkan *fly ash* yang digunakan yaitu tipe C, dengan kandungan *silikon dioksida* + *aluminium* + *besi oksida* 61,70% dan *kalsium oksida* >10%.

Tabel 6. Pengujian Material Fly Ash

No	Parameter	*Hasil*
1	*Silikon Dioksida*	26,91
2	*Aluminium*	14,33
3	*Besi Oksida*	20,35
4	*Kalsium Oksida*	23,77

(2) Job Mix Design

Berikut adalah mix design untuk beton subtitusi *fly ash* 40% dan *polycarboxylate* 1% dengan mutu rencana k-500 [1].

Tabel 7. Job Mix Design Beton Normal Mutu K-500 Untuk 1m^3

No	Jenis Material	*Berat Material (Kg/m^3)*
1	Semen	330,64
2	Air	123,00
3	Agregat halus	651,00
4	Agregat kasar	976,00
5	*Fly ash*	220,44
6	Bahan tambah (*polycarboxylate*)	5,51

Tabel 8. Job Mix Design Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Mutu K-500 Skala Trail 18 Benda Uji Kubus

No	Jenis Material	*Berat Material (Kg/m^3)*
1	Semen	20,17
2	Air	7,51
3	Agregat halus	39,72
4	Agregat kasar	59,54
5	*Fly ash*	13,45
6	Bahan tambah (*polycarboxylate*)	0,34

ISSN (*Online*) 2747-0733

(3) Pengujian Slump Test

Berdasarkan hasil mixing didapatkan nilai slump sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Pengujian Slump Beton

No	Jenis Campuran Beton	*Nilai Slump Beton (mm)*
1	Beton Normal [1]	40
2	Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1%	Flow 690

(4) Perawatan Benda Uji

Proses curing pada benda uji dilakukan dengan cara merendam sampel ke dalam dua jenis media, yaitu air laut dan air tawar, yang selanjutnya digunakan sebagai pembanding dalam pengujian kuat tekan. Total sampel yang digunakan berjumlah 18 buah, terdiri atas 9 benda uji yang dirawat dalam air laut dan 9 benda uji lainnya yang dirawat dalam air tawar.

(5) Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilaksanakan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian, beton yang dirawat menggunakan air tawar menunjukkan nilai kuat tekan sekitar 3% lebih tinggi dibandingkan beton yang direndam dalam air laut. Berikut disajikan data hasil pembebanan serta analisis kuat tekan beton yang diperoleh.

- **Hasil Pembebanan**

Tabel 10. Hasil Pembebanan Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Tawar

Beton Subtitusi Fly Ash 40% & Polycarboxylate 1% Dengan Media Curing Air Tawar 25 Februari 2025	*Sampel (kN)*		
	1	*2*	*3*
4 Maret 2025	995,1	997,1	1087,3
11 Maret 2025	1076,5	1325	1365,6
25 Maret 2025	1245,4	1663,5	1899,6

Tabel 11. Hasil Pembebanan Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Laut

Beton Subtitusi Fly Ash 40% & Polycarboxylate 1% Dengan Media Curing Air Laut 25 Februari 2025	*Sampel (kN)*		
	1	*2*	*3*
5 Maret 2025	612,1	959,9	964,2
12 Maret 2025	1170	1380,2	1408
26 Maret 2025	1341,6	1534,9	1545

- **Analisis Kuat Tekan Beton**

Tabel 12. Analisis Uji Kuat Tekan Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Tawar

Umur Benda Uji	Berat Benda Uji	Beban Tekan (kg)	Luas Penampang Benda Uji (cm^2)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Rata – rata (kg/cm^2)
7 Hari	8,72	101470,3	225	450,98	465,21
	8,74	101674,3	225	451,89	
	8,74	110872	225	492,76	
14 Hari	8,76	135110,3	225	600,49	550,00
	8,78	139250,2	225	618,89	
28 Hari	8,68	169627,1	225	753,90	807,40
	8,74	193702,2	225	860,90	

Tabel 13. Analisis Uji Kuat Tekan Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Laut

Umur Benda Uji	Berat Benda Uji	Beban Tekan (kg)	Luas Penampang Benda Uji (cm^2)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	Rata – rata (kg/cm^2)
7 Hari	8,72	97881	225	435,03	436,00
	8,78	98319,47	225	436,98	
14 Hari	8,72	140739	225	625,51	631,81
	8,80	143573,8	225	638,11	
28 Hari	8,58	156513,8	225	695,62	697,91
	8,60	157543,7	225	700,19	

Tabel 14. Analisis Kuat Tekan Beton Berbagai Umur

Jenis beton	Rata – rata hasil uji kuat tekan konversi ke 28 hari (kg/cm^2)			*Rata – rata*	*Selisih (%)*
	7 hari	14 hari	28 hari		
1	664,59	625,00	807,40	698,99	3
2	622,86	717,97	697,91	679,58	

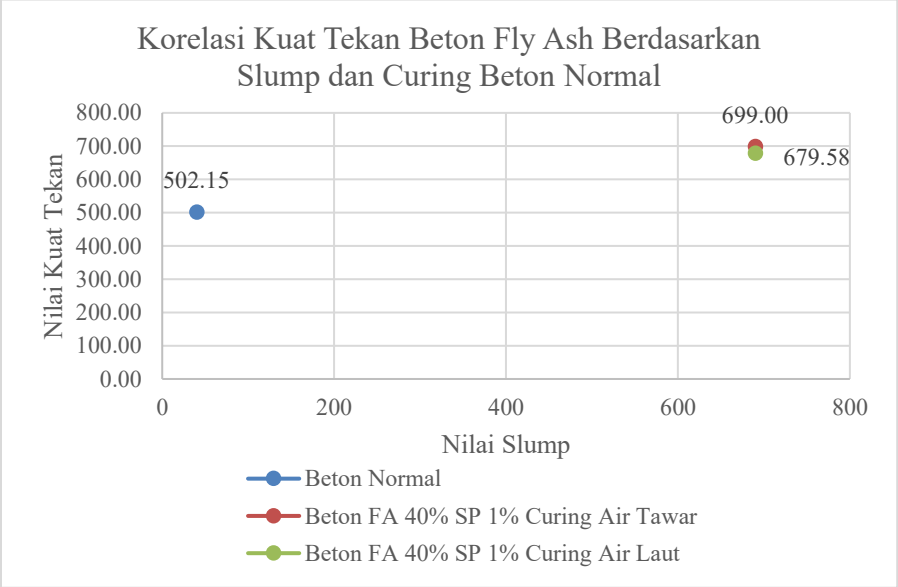


Gambar 5. Perbandingan Kuat Tekan Beton

Hasil penelitian memperlihatkan adanya peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal. Beton yang dirawat menggunakan air tawar mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 39%, sedangkan beton yang dirawat dengan air laut menunjukkan kenaikan sebesar 35% terhadap beton normal.

Tabel 15. Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Berdasarkan Nilai Slump dan Curing

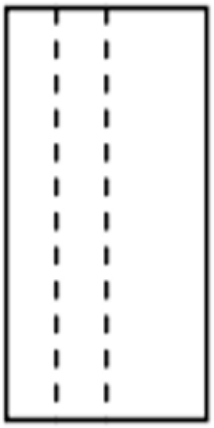
No	Jenis Campuran Beton	*Nilai Slump Beton (mm)*	*Nilai Kuat Tekan Rata – Rata 28 hari (kg/cm²)*	*Persentase Kenaikan Terhadap Beton Normal*
1	Beton Normal [1]	40	502,15	
2	Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Tawar	Flow 690	699,00	39%
3	Beton Subtitusi *Fly Ash* 40% & *Polycarboxylate* 1% Dengan Media Curing Air Laut	Flow 690	679,58	35%

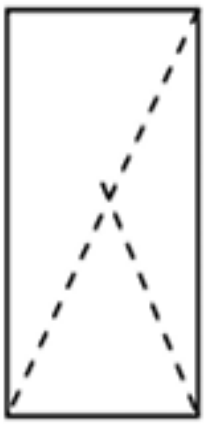


Gambar 6. Korelasi Kuat Tekan Beton Fly Ash Berdasarkan Slump dan Curing Beton Normal

- **Analisis kehancuran**

Hasil menunjukkan jenis kehancuran beton yang dicuring air tawar yaitu sejajar sumbu tegak (kolumnar) sedangkan jenis kehancuran beton yang dicuring air laut yaitu kerucut dan geser.

No	Tipe Kehancuran	Sketsa	Hasil Keruntuhan Benda Uji
1	Kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar)		 Curing Air Tawar

2	Kehancuran kerucut dan geser		 Curing Air Laut

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil sebagai berikut.

(1) Pengujian Vicat menunjukkan bahwa substitusi *fly ash* 40% sedikit menurunkan konsistensi semen (dari 27 menjadi 26), memperlambat waktu ikat awal (dari 84 menjadi 124 menit), dan memperpanjang waktu pengerasan (dari 135 menjadi 180 menit).

(2) Beton dengan *fly ash* 40% dan *polycarboxylate* 1% menunjukkan peningkatan kuat tekan seiring waktu. Pada perendaman air tawar, kuat tekan mencapai 807,40 kg/cm² di hari ke-28, sedangkan pada air laut mencapai 697,91 kg/cm². Kuat tekan di air tawar lebih tinggi dibandingkan di air laut pada semua umur beton.

(3) Secara umum, beton yang dicuring dengan air tawar memiliki kuat tekan rata-rata 3% lebih tinggi dibanding air laut, meskipun keduanya masih memenuhi target kuat tekan. Namun, pada usia 14 hari, beton yang dicuring dengan air laut menunjukkan kuat tekan lebih tinggi dibanding air tawar.

Referensi

[1] ACI 318 (2022). *Persyaratan Kode Bangunan Untuk Beton Struktural.*

[2] ASTM C 117-95 (1995). *Metode Uji Menentukan Jumlah Material Yang Lebih Halus Dari Ayakan No.200 Melalui Pencucian.*

[3] ASTM C 127-88 Reapp 93(1993). *Metode Uji Kepadatan Relatif dan Penyerapan Air Agregat Kasar.*

[4] ASTM C 128-93 (1993). *Metode Uji Kepadatan Dan Penyerapan Air Pada Agregat Halus.*

[5] ASTM C 136-95 (1995). *Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halys Dan Agregat Kasar.*

[6] ASTM C 1995:254 (1995). *Spesifikasi Bahan Tambah Kimia Untuk Campuran Beton Dengan Semen Hidrolik.*

[7] ASTM C 556-89 (1989). *Metode Uji Untuk Menentukan Kadar Air Agregat Halus.*

[8] ASTM C 618 1995:304 (1995). *Spesifikasi Fly Ash Untuk Campuran Beton.*

[9] Elia Anggarini, Dyah Pradhitya Hardiani. (2023). Pengaruh Pemambahan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal 30 Mpa. *Jurnal Kacapuri,* 6 (1), 51-62.

[10] Ice Trisnawati, Pengki Suanto, Iqbal Hidayat. (2024). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Superplasticizer Admixture Pada Mutu Beton Standar fc' 19,3 Mpa. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL,* 14 (1), 36-40.

[11] Ir. Mulyono, MT. (2004). Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.
[12] Oktavian Romy Setiawan. (2024). Pengaruh Penggunaan Admixture Yang Berbeda Dan Subtitusi Fly Ash Untuk Beton Mutu K-500.
[13] Rahmat Muhlis Mohammad, Dr. Aziz Rachman, Rahayu Mointini. (2020). Kuat Tekan Beton Untuk Mutu Tinggi 45 Mpa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagai Semen. *Radial*, 8 (1), 25-33.
[14] Resky Damayanti ADH, Henggar Risa Destania, Ghina Amalia. (2023). Perbandingan Pengaruh Penggunaan Air Tawar Dan Air Laut Pada Proses Curing Terhadap Kuat Tekan Beton. *TEKNIKA: Jurnal Teknik,* 9 (2), 82-88.
[15] Standar Nasional Indonesia 2049:2015 (2015). *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional.
[16] Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
[17] Standar Nasional Indonesia 03-2461-1991 (1991). *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Struktural*. Badan Standardisasi Nasional.
[18] Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990 (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standardisasi Nasional.
[19] Standar Nasional Indonesia 03-1969-1990 (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
[20] Standar Nasional Indonesia 03-1970-1990 (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional.
[21] Standar Nasional Indonesia 03-2843-2000 (2000). *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional.
[22] Standar Nasional Indonesia 03-1947-1990 (1990). *Spesifikasi Agregat Halus Yang Digunakan Dalam Campuran Beton.*
[23] Standar Nasional Indonesia 7656:2012 (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, Dan Beton Massa.*
[24] Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004 (2004). *Semen Portland.*
[25] Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990 (1990). *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar.*
[26] Standar Nasional Indonesia 2493-2011 (2011). *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium.*
[27] Standar Nasional Indonesia 2460-2014 (2014). *Spesifikasi Abu Terbang Batubara Dan Pozolan Alam Mentah Atau Telah Dilaksinasi Untuk Digunakan Dalam Beton.*
[28] SK SNI T – 15 – 1990 – 03 (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*