

PENGARUH PEMAKAIAN BAHAN TAMBAH TAWAS PADA AIR RAWA TERHADAP *COMPRESSIVE STENGTH* BETON

Nurnilam Oemiati^{1,*}, Noto Royan²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Palembang
Jl. Jend. A. Yani 13 Ulu Palembang

*E-mail: nurnilam_oemiati@um-palembang.co.id.

Abstract

Kenten Laut is a rural locality in the Talang Kelapa District that consists largely of a swamp. Residents rely heavily on the swamp's corrosive water for mundane concrete mixing. Researchers in this study used swamp water and alum in the concrete recipe. Swamp water and alum were utilized as the supplementary components, with the alum content of the solution varying between 2% and 4% by weight of cement. The test object is a cube with the dimensions (15, 15, and 15) cm and there are fifty of them. Compressive strength testing in swamp water revealed findings of 152.69 kg/cm² for 14-day-old concrete and 251.93 kg/cm² for 28-day-old concrete. The compressive strength of 14-day-old swamp water concrete varied between 156.16 kg/cm² and 149.78 kg/cm² depending on the percentage of alum added to the mix. Compressive strength values for 28-day-old concrete made with swamp water with 2%, 4%, or 6% alum are 256.19 kg/cm², 253.97 kg/cm², and 245.61 kg/cm², respectively. These numbers are lower than what was anticipated for the K-300. Compressive strength in typical concrete drops by 20.6% after 28 days of age, but only 14.7% after 14 days.

Keywords: Swamp Water, Alum and Compressive Strength of Concrete

1. PENDAHULUAN

Rawa adalah daerah dengan sifat fisik, kimia, dan biologi yang unik yang mengumpulkan curah hujan yang seharusnya mengalir dari tanah tetapi menjadi stagnan karena drainase alami terhambat. Kenten Laut, warga Kecamatan Talang Kelapa Banyuasin yang tinggal di pedesaan sangat mengandalkan air hujan, pasokan air rawa untuk tenaga kerja campuran beton. Sekilas terlihat bahwa kualitas beton dan baja tulangan akan menurun akibat air rawa.

Tawas atau aluminium sulfat sebagai penjernih air banyak digunakan sebagai koagulan pada proses pengolahan air dan limbah, mudah didapat di pasaran. Batas maksimum sulfat dalam beton adalah 4% dari berat semen. Bahan campuran menggunakan tawas ditambah air rawa sehingga air rawa menjadi lebih jernih karena bisa mengendapkan sedimen kotoran air rawa. Penggunaan tawas ini hanya untuk campuran adukan beton biasa, bila digunakan untuk beton bertulang maka pada besi tulangnya akan mengakibatkan terjadinya korosi. Tujuan

dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa yang terjadi pada *compressive strength* beton K300 ketika alum ditambahkan ke dalam air rawa. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi seberapa optimal *compressive strength* beton terhadap standar.

Batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Rencana campuran benda uji didesain K₃₀₀.
2. Bahan tambah yang digunakan adalah bahan kimia tawas yang mempunyai rumus kimia Al₂(SO₄)₃·18H₂O.
3. Bahan tawas yang ditambahkan kedalam campuran beton, bervariasi mulai dari 2%; 4%; dan 6% terhadap berat semen.
4. Bahan yang diujikan berbentuk kubus dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm jumlah sampel masing-masing kondisi adalah 50 sampel benda uji dengan umur 14 dan 28 hari.

Beton

Beton adalah bahan yang digunakan dalam konstruksi yang terdiri dari banyak komponen seperti semen, air, agregat halus,

agregat kasar (seringkali batu pecah atau kerikil), air, dan berbagai bahan tambahan. Empat manfaat beton berkualitas tinggi adalah kerapatan, kekuatan, rasio air-semen, dan tekstur yang konsisten.

Agregat

Selain fitur ketahanan benturan agregat, kekuatan ikatan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air semuanya memiliki peran dalam ketahanan material terhadap penyusutan. Agregat pada pekerjaan beton berfungsi sebagai pengisi menempati volume adukan $\frac{3}{4}$ bagian. Ada 2 macam agregat yang dipakai dalam konstruksi yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Air

Rasio air terhadap semen sangat penting untuk menghasilkan beton yang dapat dikerjakan dengan kekuatan yang konsisten. Air memiliki dampak besar yang tidak proporsional pada kekuatan beton. Akan ada banyak gelembung air di dalam beton ketika proses hidrasi selesai jika air yang digunakan terlalu banyak, dan beton akan menjadi lemah jika air yang digunakan tidak cukup.

Compressive Strength Beton

Kekuatan beton dalam kompresi adalah ukuran kualitas material secara keseluruhan. Semakin tinggi kekuatan yang dibutuhkan dari struktur jadi, semakin baik betonnya. Kekuatan tekan beton dilambangkan sebagai (PB, 1989:16)

- F'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
- f'_{ck} = kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm.
- F_c = kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa)
- f'_{cr} = kekuatan tekan beton rata-rata, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (Mpa)
- S = deviasi standar (Mpa)

Mutu bahan yang digunakan, perawatan, suhu, umur beton merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi *compressive strength* beton.

Faktor Air Semen

Dalam resep beton biasa, faktor air semen adalah antara 0,40 dan 0,60. Duff Abrams (1919) mengusulkan rumus berikut untuk generalisasi :

$$F_c = \frac{A}{B^{1.5X}} \quad (1)$$

Keterangan :

- F_c = *Compressive strength* Beton
- X = FAS (yang semula dalam proporsi volume)
- A, B = Konstanta

Setelah beton mengeras, kekuatan tekannya sangat dipengaruhi oleh kepadatan campuran. *Compressive strength* beton dapat berkurang sebanyak 35% jika terdapat pori udara genap 5%, dan sebanyak 60% jika terdapat 10% pori udara. Semen membutuhkan sekitar 25% dari beratnya dalam air untuk merespons.

Umur Beton

Compressive strength beton lama lebih besar daripada beton baru. Setelah 28 hari pertama, terjadi peningkatan kekuatan beton secara linear. *Compressive strength* beton diperkirakan akan meningkat pada beberapa penggunaan selama beberapa tahun mendatang. Kekuatan tekan beton biasanya dihitung pada usia 28 hari. Semen tipe I dikombinasikan dengan semen lain atau ditingkatkan secara kimiawi untuk menghasilkan kekuatan awal yang diperlukan. Karena semen memiliki efek langsung pada kinerja *compressive strength* beton, penggunaannya memiliki pengaruh besar pada seberapa cepat umurnya.

Bahan Tambah Beton

Compressive strength beton lama lebih besar daripada beton baru. Setelah 28 hari pertama, terjadi peningkatan kekuatan beton secara linear. *Compressive strength* beton diperkirakan akan meningkat pada beberapa penggunaan selama beberapa tahun mendatang. Kekuatan tekan beton biasanya dihitung pada usia 28 hari. Semen tipe I dikombinasikan dengan semen lain atau ditingkatkan secara kimiawi untuk menghasilkan kekuatan awal yang diperlukan. Karena semen memiliki efek langsung pada kinerja *compressive strength* beton, penggunaannya memiliki pengaruh besar pada

seberapa cepat umurnya.

Air Rawa

Air yang berada di atau dekat permukaan tanah inilah yang kita sebut air rawa. Lingkungan, aktivitas manusia, dan sanitasi semuanya memainkan peran utama dalam menentukan kualitas air permukaan. Rawa mengumpulkan dan menahan air dari berbagai sumber, termasuk air hujan, air sungai, dan air tanah.

Air rawa umumnya bersifat asam pH dibawah 7. Air rawa pada penelitian ini mempunyai pH 5,5 berwarna coklat seperti berkarat dan cenderung menimbulkan bau yang tidak sedap, mengandung zat organik tinggi serta zat besi yang cukup tinggi terlihat dari penampakan karat, mengandung sedimen dan lumpur akibat genangan air sungai yang dipengaruhi pasang surut. Aka Ismaridies (2006) menyebutkan bahwa pH air rawa pada suatu daerah rawa berbeda-beda tergantung tingkat keasaman dan kondisi daerah rawa tersebut, contohnya pH air rawa Jakabaring mempunyai pH air 4.

Tawas

Kebutuhan adanya air jernih ataupun air minum yang memenuhi persyaratan semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan sehat bebas dari bakteri colli, maka peranan Alumunium Sulfat atau tawas sangat diperlukan sebagai bahan pembantu dalam proses penjernihan air.

Pengerjaan penelitian ini berpedoman pada ketentuan SK. SNI. T-15-1990-03 sebagai berikut ini.

Compressive strength beton masing-masing benda uji :

$$\sigma_{bi} = \frac{W}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

σ_{bi} = compressive strength beton masing-masing benda uji (Kg/cm²)

W = berat setiap benda uji (Kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Compressive strength beton rata-rata :

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} \quad (3)$$

Keterangan :

σ_{bm} = *compressive strength* beton rata-rata (Kg/cm²)

σ_{bi} = *compressive strength* beton (Kg/cm²)

N = jumlah benda uji

Deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Keterangan :

S = deviasi standar (Kg/cm²)

σ_{bm} = *compressive strength* beton rata-rata (Kg/cm²)

σ_{bi} = *compressive strength* beton (Kg/cm²)

N = jumlah benda uji

Compressive strength beton karakteristik

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,64 \cdot S \quad (5)$$

Keterangan :

σ_{bk} = *compressive strength* beton karakteristik (Kg/cm²)

σ_{bm} = *compressive strength* beton rata-rata (Kg/cm²)

1,64 = konstanta

2. METODOLOGI

Penelitian di lakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.

Alat-alat yang digunakan

1. Cetakan kubus (15x15x15) cm
2. Saringan
3. Oven
4. Batang Penusuk
5. Alat Uji Slump
6. Wadah Adukan
7. Timbangan
8. Labu Ukur
9. Specific Gravity
Adalah alat untuk menguji BJ dan absorpsi agregat kasar.
10. Mesin Los Angeles
Untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan.
11. Molen/concrete mixer
Digunakan untuk mengaduk atau menyatukan campuran beton.

- Mesin Uji *Compressive strength*, Untuk memeriksa *compressive strength* beton.

Bahan-Bahan Yang Digunakan

- Semen dengan kualitas type 1
- Agregat halus pasir Tanjung Raja, agregat kasar batu pecah split ukuran 1/2 dan 2/3 dari Lahat.
- Air bersih PDAM Tirta Musi Palembang
- Air Rawa dari Kenten Laut Kec. Talang Kelapa Banyuasin
- Tawas



Gambar 1. Pengambilan Air Rawa

Pengujian Material

Pengujian material perlu dilakukan terlebih dahulu agar didapat proporsi campuran sesuai dengan mendesain beton dengan mutu K_{300} , yang diinginkan.

Tabel 1. Hasil Pengujian pH air

Jenis Air	pH
Air PDAM	7,5
Air rawa desa Kenten Laut	5,5

Tabel 2. Hasil Pengujian pH Larutan Air rawa dengan Tawas

Air + Tawas	pH
Larutan Air Rawa dengan Tawas 2%	3,15
Larutan Air Rawa dengan Tawas 4%	2,76
Larutan Air Rawa dengan Tawas 6%	2,38

Perencanaan Campuran Beton

Beton dengan kualitas yang dibutuhkan dan juga ekonomis dapat tercipta jika perencanaan campuran direncanakan secara efektif, khususnya dengan menentukan rasio campuran. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia menggunakan beberapa pendekatan perencanaan yang berbeda, beberapa di antaranya didokumentasikan dalam buku Standar Nasional Indonesia. (SK SNI T-1 5

1990-03).

Prosedur Pelaksanaan di Laboratorium

Pelaksanaan pekerjaan di laboratotium dengan membuat sampel dan menguji sampel tersebut untuk mendapatkan *compressive strength* beton K-300.

- Kami menggunakan 50 sampel benda uji yang berbeda dalam 5 kondisi berbeda: beton normal, beton dengan campuran air rawa, beton dengan campuran air rawa + 2% tawas, beton dengan campuran air rawa + 4% tawas, dan larutan. campuran air rawa + 6% tawas. Ujian umur 14 hari dan 28 hari. Cetakan berbentuk kubus memiliki dimensi 15 cm pada setiap sisinya.
- Menentukan *workability* suatu campuran beton dengan mengukur nilai slumpnya.
- Ketiga, saat pengecoran beton, campuran beton segar harus dituangkan ke dalam cetakan. Isi cetakan hingga sepertiga tingginya, padatkan campuran dengan tongkat baja, ratakan permukaannya dengan sesendok semen, dan ulangi dengan sampel berikutnya.
- Langkah keempat adalah menjaga agar benda uji tetap lembab agar tidak kehilangan air yang akan digunakan pada fase pengerasan beton, atau agar air yang digunakan dalam proses hidrasi semen lebih sedikit. Perlindungan ini paling penting dalam beberapa hari pertama setelah pengecoran beton dan hingga hari ke-14 (pengawetan lembab minimum).



Gambar 2. Pemeliharaan benda uji

- Kemudian setelah 14 dan 28 hari dilakukan pengujian *compressive strength* beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Beton berumur 14 hari dan 28 hari digunakan dalam pengujian. Setelah benda uji berumur cukup lama, dilakukan pengujian *compressive strength* menurut Standar Nasional Indonesia pada masing-masing

benda uji.

Pengujian *compressive strength* beton dilakukan pada beberapa kondisi variasi tawas. Kondisi I adalah beton normal; kondisi II untuk beton + air rawa; kondisi III adalah untuk beton dengan variasi air rawa + tawas 2%; dan kondisi IV untuk beton dengan variasi air rawa + tawas 4%; serta kondisi V untuk beton dengan variasi air rawa + tawas 6%.

Kondisi I (Beton Normal)

Tabel 3. Hasil Uji *Compressive Strength* Beton Kondisi Normal

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm ²)	σ_{bi} (kg/cm ²)
			Ton	(Kg)		
1	14	7,900	40,5	40500	225	180,00
2	14	7,940	41,5	41500	225	184,44
3	14	8,000	42,0	42000	225	186,66
4	14	7,850	39,0	39000	225	173,33
5	14	7,880	39,5	39500	225	175,55
6	28	8,100	71,0	71000	225	315,55
7	28	8,050	70,5	70500	225	313,33
8	28	8,200	72,0	72000	225	320,77
9	28	8,300	71,5	71500	225	317,77
10	28	8,250	70,0	70000	225	311,11

Kondisi II (beton air rawa)

Kondisi kedua yaitu beton yang menggunakan air rawa sebagai campuran adukan beton.

Tabel 4. Hasil Uji *Compressive Strength* Beton Kondisi Air Rawa

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm ²)	σ_{bi} (kg/cm ²)
			Ton	(Kg)		
1	14	7,800	34,5	34500	225	153,33
2	14	7,900	35,8	35800	225	159,11
3	14	7,850	35,5	35500	225	157,11
4	14	7,900	36,0	36000	225	160,00
5	14	7,880	35,0	35000	225	155,55
6	28	8,050	60,0	60000	225	266,66
7	28	8,150	58,5	58500	225	260,00
8	28	8,000	59,0	59000	225	262,22
9	28	8,100	57,5	57500	225	255,55
10	28	8,200	60,5	60500	225	268,88

Kondisi III (beton air rawa + tawas 2%)

Adukan beton dengan menggunakan air rawa dan penambahan tawas 2% dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji *Compressive Strength* Beton Kondisi Air Rawa + Tawas 2%

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm ²)	σ_{bi} (kg/cm ²)
			Ton	(Kg)		
1	14	7,800	35,5	35500	225	157,77
2	14	7,900	36,5	36500	225	162,22
3	14	8,000	37,5	37500	225	166,66
4	14	7,950	37,0	37000	225	164,44
5	14	8,100	38,5	38500	225	171,11
6	28	8,200	62,0	62000	225	275,55
7	28	8,200	61,0	61000	225	271,11
8	28	8,100	58,0	58000	225	257,77
9	28	8,150	59,0	59000	225	262,22
10	28	8,180	59,5	59500	225	264,44

Kondisi IV (beton air rawa + tawas 4%)

Hasil uji *compressive strength* beton menggunakan air rawa ditambah tawas 4% dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Compressive Strength* Beton Kondisi Air Rawa + Tawas 4%

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm ²)	σ_{bi} (kg/cm ²)
			Ton	(Kg)		
1	14	7,900	35,5	35500	225	155,55
2	14	7,800	34,0	34000	225	151,11
3	14	8,100	36,0	36000	225	160,00
4	14	8,050	35,0	35000	225	155,55
5	14	8,100	36,5	36500	225	162,22
6	28	8,200	58,0	58000	225	257,77
7	28	8,150	57,5	57500	225	255,55
8	28	8,100	59,0	59000	225	262,22
9	28	8,100	57,0	57000	225	253,33
10	28	8,300	58,0	58000	225	257,77

Kondisi V (beton air rawa + tawas 6%)

Setelah dilakukan uji *compressive strength* menggunakan air rawa dengan penambahan tawas 6% maka didapat hasilnya seperti tabel berikut ini.

Tabel 7. Hasil Uji *Compressive Strength* Beton Kondisi Air Rawa + Tawas 6%

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (cm ²)	σ_{bi} (kg/cm ²)
			Ton	(Kg)		
1	14	7800	35,0	35000	225	155,55
2	14	8000	34,5	34500	225	153,33
3	14	7900	33,5	33500	225	148,88
4	14	8100	33,0	33000	225	146,66
5	14	8000	34,0	34000	225	151,11
6	28	8200	57,0	57000	225	253,33
7	28	8000	56,5	56500	225	251,11
8	28	8100	58,0	58000	225	257,77
9	28	8300	55,5	55000	225	246,66
10	28	8200	58,0	58000	225	257,77

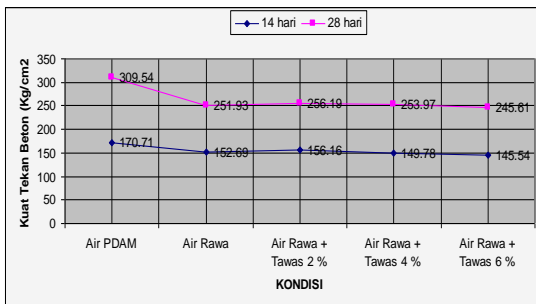
Uji Slump

Dari hasil pengadukan yang telah dilakukan pada pengujian slump untuk berbagai kondisi campuran beton dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Uji Slump

No	Jenis campuran	Nilai Slump (cm)
1	Beton Normal (Air PDAM)	6,20
2	Beton + Air Rawa	6,20
3	Beton Air Rawa + Tawas 2%	6,20
4	Beton Air Rawa + Tawas 4%	6,20
5	Beton Air Rawa + Tawas 6%	6,20

Pengolahan Data Uji Compressive strength Beton



Grafik 3. Rekapitulasi Compressive Strength Beton Karakteristik Umur 14 hari dan 28 hari

Hasil Compressive Strength Beton

Dari grafik 3 terlihat compressive strength karakteristik beton pada usia 28 hari kondisi normal sebesar 309,54 kg/cm². Nilai ini melebihi dari nilai karakteristik beton yang diinginkan yaitu 300 kg/cm², dengan peningkatan compressive strength sebesar 3,2%. Compressive strength beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil.

Secara umum nilai compressive strength beton dengan menggunakan air rawa mengalami penurunan, begitu juga penggunaan air rawa dengan penambahan tawas 2%, 4% dan 6% mengalami penurunan. Hanya saja untuk penambahan tawas 2% sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan tawas 4% dan 6% pada umur 14 hari dan 28 hari. Hal ini disebabkan karena semakin besar pemakaian tawas, maka

koagulasi atau penggumpalan juga akan terjadi lebih besar. Tawas atau aluminium sulfat sebagai penjernih air banyak digunakan sebagai koagulan pada proses pengolahan air dan limbah, mudah didapat di pasaran. Batas maksimum sulfat dalam beton adalah 4% dari berat semen.

Tabel 9. Persentase Penurunan Hasil Pengujian Compressive Strength Beton Pada Umur 14 Hari

Kondisi	Compressive strength Beton (kg/cm ²)		Penurunan Kekuatan (%)	
	Umur 14 hari	Umur 28 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari
Beton Normal (Air PDAM)	170,71	309,54	-	-
Beton air rawa	152,69	251,93	10,6%	18%
Beton air rawa + tawas 2%	156,16	256,19	8,5%	17,2%
Beton air rawa + tawas 4%	149,78	253,97	12,6%	18,6%
Beton air rawa + tawas 6%	145,54	245,61	14,7%	20,6%

Dari hasil pengujian terlihat bahwa air rawa memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap kualitas beton apalagi kalau menggunakan besi sebagai tulangnya. Kondisi ini hanya bisa dipakai untuk konstruksi beton biasa tidak untuk konstruksi beton bertulang. Terjadi penurunan kekuatan tekan beton dari 10,6% pada usia rendaman 14 hari dan 18% untuk usia perendaman 28 hari terhadap beton normal yang menggunakan air PDAM. Semakin banyak penambahan tawas maka nilai compressive strength beton pun semakin menurun ini terjadi pada penambahan beton air rawa + tawas 6% sebesar 145,54% untuk umur beton 14 hari dan 245,61% untuk umur beton 28 hari, dengan persentase penurunan 14,7% dan 20,6%.

Hasil Uji Slump

Pada pengujian slump yang dilakukan nilai slump tidak terjadi penurunan ataupun peningkatan nilai. Angka 6,20 terlihat stabil terjadi berturut-turut pada nilai tiap sampel adukan beton yang dilakukan. Ini semua terjadi dikarenakan air rawa dan tawas tidak berfungsi untuk mengurangi kadar air dan membuat adukan menjadi encer seperti bahan tambah zat kimia yang lainnya. Faktor air

semen yang digunakan pada tiap kondisi I sampai dengan kondisi V bernilai sama dan tidak terjadi pengurangan kadar air.

4. KESIMPULAN

Seperti yang ditunjukkan oleh hasil, keasaman air rawa mengurangi *compressive strength* beton, sehingga tidak cocok untuk digunakan dalam pencampuran beton bertulang. Meskipun lebih rendah dari nilai K-300 yang dimaksudkan, beton umur 14 hari di perairan rawa memiliki *compressive strength* sebesar 152,69 kg/cm², sedangkan beton berumur 28 hari memiliki *compressive strength* sebesar 251,93 kg/cm².

Menambahkan 2% tawas ke air rawa menghasilkan kenaikan harga yang sedikit lebih besar daripada menambahkan 4% atau 6% masing-masing pada umur 14 atau 28 hari.

Karena alum memiliki kecenderungan untuk mengendapkan lumpur, mengakibatkan koagulasi, hal ini mengurangi *compressive strength* optimal beton air rawa relatif terhadap kuat beton normal.

REFERENSI

Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. (1990). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SK SNI T-15-1990-03. Bandung.

Ismaridies, A. (2006). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Beton dengan Rendaman Air Rawa Jakabaring Palembang.

Mulyono. T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.

Nugraha, P dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Tjokrodimulyo. K. *Teknologi Beton. Teknik Sipil dan Lingkungan UGM*, Yogyakarta.