

PENGARUH KANDUNGAN SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Parhimpunan Purba
Jurusan Teknik Sipil PSD III, UNDIP

Abstract

Compressive strength is one of the important mechanical characteristic that it can indicates the concrete performance. One of the important material in concrete making is water. Water have function as mixing material and treatment material. Water may not contain substrat that harm of concrete. This research is intended to know the influence of sulphate in the water both of as mixing material or treatment material. From this research indicates that the sulphate ion in the water most influence to concrete pressure strength.

Key word : Compressive strength, concrete, sulphate, water cement ratio, treatment

PENDAHULUAN

Salah satu sifat mekanik yang penting dari beton adalah kekuatan. Kekuatan dapat dibagi lagi dalam kuat tekan, tarik, lekatan, tegangan geser, dan puntir. Dari hasil penelitian kuat tekan memiliki kaitan erat dengan kuat tarik, geser dan lekatan sehingga pengukuran kuat tekan (*compressive strength*) dapat mencerminkan kuat tarik maupun lekatan. Dengan kata lain, kuat tekan dapat mencerminkan kinerja dari beton. Hal yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton antara lain faktor air semen (f.a.s), pemadatan atau penggetaran, tipe semen, tipe agregat dan yang tidak kalah pentingnya adalah pengaruh umur dan cara rawatan. Bila beton dirawat terus menerus akan menunjukkan kuat tekan yang terus menerus meningkat. Kuat tekan dibatasi oleh kuat tekan pasta semen atau kuat tekan agregat kasar atau lekatan antara agregat. Kuat tekan pasta semen dipengaruhi oleh proses hidrasi. Proses hidrasi dapat berlangsung bila ada air yang cukup. Suhu yang tinggi juga dapat mempercepat proses hidrasi dan sebaliknya.

Untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi pada beton, banyak factor yang mempengaruhinya, diantaranya adalah kualitas air, baik untuk campuran maupun untuk perawatan keras. Air yang dipakai harus memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu, yang diantaranya tidak boleh mengandung zat-zat yang merugikan beton. Air dapat digunakan untuk bahan pencampur dan untuk perawatan beton. Salah satu syarat air sebagai pencampur beton adalah tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter, sedangkan air untuk perawatan tidak disyaratkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sulfat baik yang terkandung dalam air campuran beton maupun air perawatan keras terhadap kuat tekan beton.

CARA PENELITIAN

Bahan :

1. Bahan pengikat semen, dalam penelitian ini digunakan semen Portland jenis I, merk Nusantara dengan kemasan 40 kg.
2. Bahan agregat, agregat halus dan kasar dari kali Bebeng, Yogyakarta
3. Air, diambil dari jaringan air bersih di laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil FT UGM
4. Asam sulfat H_2SO_4

Alat :

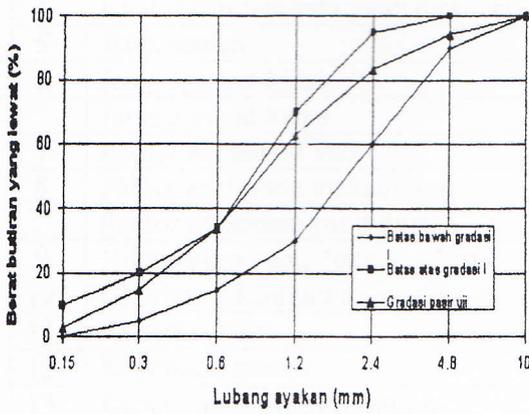
1. Saringan dan ayakan standar (sieve) satu set
2. Timbangan halus dan kasar, bascula
3. Takaran baja, gelas ukur dan mistar
4. Beton molen kapasitas 150 liter, kerucut Abrahms dan cetakan benda uji silinder ukuran dia 15 cm dan tinggi 30 cm
5. Mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*) kapasitas 2000 kN merk Tanifuji yang dilengkapi dengan Strainometer untuk mengukur perpindahan benda uji dengan ketelitian 0,01 mm.

PELAKSANAAN PENELITIAN

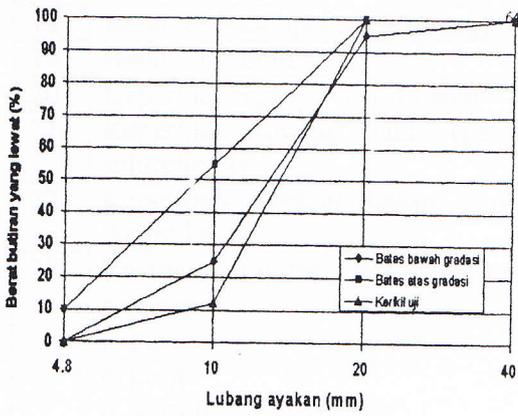
Pemeriksaan bahan :

Pemeriksaan bahan meliputi penetapan ukuran butiran maksimum kerikil, pemeriksaan berat jenis dan gradasi agregat, kekerasan kerikil, pemeriksaan Kandungan Lumpur dan zat organik dalam pasir. Hasil pengujian bahan agregat halus dan kasar yakni gradasi ditunjukkan dengan gambar. Gambar 1 adalah

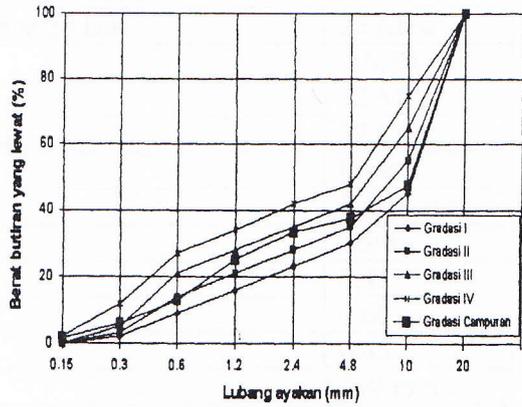
gradasi pasir, gambar 2 gradasi kerikil dan gambar 3 adalah gradasi campuran.



Gambar 1. Gradasi pasir



Gambar 2. Gradasi kerikil



Gambar 3. Gradasi campuran

Perancangan campuran adukan beton dan pembuatan benda uji

Perancangan campuran adukan beton berdasarkan Perancangan adukan beton standard PU untuk beton normal, yakni Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK.SNI T-15.1990-03). Didapatkan besaran kebutuhan bahan untuk tiap 1 m³ beton dengan f.a.s 0,45 dan slump antara 10 sampai 20 cm adalah 170 l air bersih, 378 kg semen, 710 kg pasir dan 1066 kg kerikil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perancangan Adukan Beton Standard Dinas Pekerjaan Umum

1	Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari	25 MPa
2	Deviasi standar, s	7 MPa
3	Nilai tambah (m) = 1,62 s	12 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan f_c',r	37 MPa
5	Jenis semen	biasa
6	Jenis agregat kasar	Batu pecah
	Jenis agregat halus	alami
7	Faktor air semen f.a.s	0,45
8	Faktor air semen maksimum	0,60
	Faktor air semen yang dipakai	0,45
9	Nilai slump yang direncanakan	100 mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	20 mm
11	Keperluan air	170 lt
12	Keperluan semen	378 kg
13	Keperluan semen minimum	275 kg
14	Keperluan semen yang dipakai	378 kg
15	Penyesuaian jumlah f.a.s	-
16	Daerah gradasi agregat halus	1
17	Persen agregat halus terhadap campuran	40 %
18	Berat jenis campuran (dihitung)	2,517
19	Berat jenis beton	2,517
20	Keperluan agregat (berat beton – kep. Air – kep. Semen)	1777 kg
21	Keperluan agregat halus (persen aggre. halus x kep. aggre. seluruhnya)	710,8 kg
22	Keperluan agregat kasar (persen aggre. seluruhnya - kep. Aggre.kasar)	1066,2 kg
23	Kesimpulan untuk 1 m ³ beton memerlukan :	
	a. semen	378 kg
	b. air	170 lt
	c. pasir	710,8 kg
	d. kerikil	1066,2 kg

Pasir dan kerikil dibuat jenuh air kering muka (SSD). Semua bahan susun ditimbang dengan perbandingan kebutuhan yang direncanakan, dicampur dalam concrete mixer. Benda uji berbentuk silinder sebanyak 54 buah dibuat dalam 5 perlakuan beton yakni :

1. Beton Normal yang dirawat dalam air biasa (N1)
2. Beton Normal yang dirawat dalam air yang mengandung H₂SO₄ 6 gr/l (N2)
3. Beton yang air campurannya mengandung H₂SO₄ 6 gr/l dan dirawat dalam air biasa (N3)
4. Beton normal yang dirawat dalam air yang mengandung H₂SO₄ 2 gr/l (N4)

5. Beton yang air campurannya mengandung H₂SO₄ 2 gr/l dan dirawat dalam air biasa (N5)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Agregat halus dan kasar

Dari hasil pemeriksaan pasir dihasilkan kandungan Lumpur sebesar 1,14%, berat jenis 2,239 gr/cm³, berat jenis jenuh kering muka (SSD) 2,748 gr/cm³ dan nilai serapan air 2,239. Pemeriksaan terhadap gradasi butiran pasir memberikan modulus halus butir sebesar 3,064 termasuk gradasi I. Dapat disimpulkan pasir cukup baik dipakai untuk campuran beton.

Pemeriksaan kerikil menghasilkan berat jenis 2,403 gr/cm³, berat jenis jenuh kering muka 2,500 gr/cm³, pembubukan sebesar

12,90 %. Pemeriksaan gradasi menghasilkan nilai modulus halus butir (mhb) sebesar 6,879 dan serapan air 3,507%. Dapat disimpulkan bahwa kerikil cukup baik untuk digunakan.

Kuat tekan beton

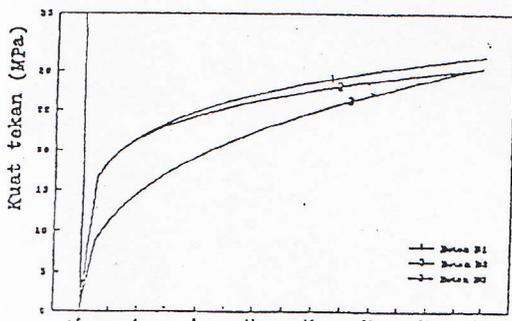
Dalam pengamatan inderawi yang dilakukan terhadap benda uji silinder beton menunjukkan kenampakan N2, N3, N4 dan N5 yang berbeda dengan N1 yakni warna benda uji menjadi keputih-putihan. Untuk beton N2 dan N4 ketebalan warna keputihan ini sangat tipis untuk umur 7 dan 14 hari, dan sekitar 1 mm pada umur 28 hari. Pengujian benda uji terhadap kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Untuk setiap pengujian diwakili oleh 3 buah data. Pengujian terhadap benda uji beton untuk mengetahui kuat tekannya dilakukan dengan mesin tekan atau *Compressive Testing Machine* milik Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil FT. UGM, merk Tanifuji berkapasitas maksimum 2000 kN.

Kuat tekan beton dihitung dengan rumus :

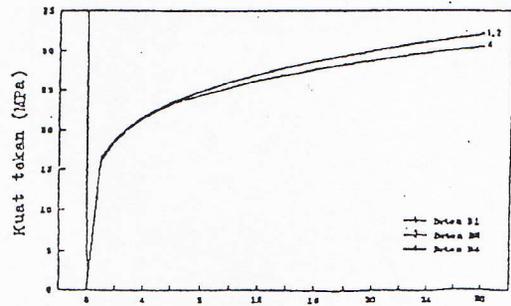
$$f = \frac{P}{A}$$

dimana: f = kuat tekan beton (MPa)
 P = beban yang diberikan (N)
 A = luas penampang benda uji (mm²)

Dengan melihat Gambar 4 tampak bahwa pada umur 7 hari benda uji N1 dan N2 mempunyai nilai kuat tekan yang hampir sama, sedangkan untuk N3 menunjukkan nilai yang lebih rendah.

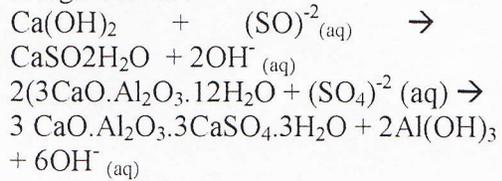


Gambar 4. Perbandingan kuat tekan beton N1, N2, N3



Gambar 5. Perbandingan kuat tekan beton N1, N2, N4

Hal ini disebabkan oleh sulfat yang terkandung dalam air adukan beton N3 akan ikut dalam reaksi hidrasi semen. Meskipun demikian pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton menunjukkan nilai yang hampir sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan jenis perlakuan beton N1, N2, dan N3 tidak memberikan pengaruh pada ikatan awal semen berupa sedikit memperlambat reaksi hidrasi. Reaksi yang terjadi antara ion-ion sulfat dengan semen atau beton adalah pada Ca(OH)₂ dan Kalsium Aluminat Hidrat (3CaO.Al₂O₃.12H₂O). Reaksi ion-ion sulfat dengan Ca(OH)₂ dan Kalsium Aluminat Hidrat dapat ditulis sebagai berikut :



Hasil reaksi tersebut di atas adalah Kalsium Sulfat atau gypsum (CaSO₄.2H₂O) dan Kalsium Sulphoaluminat atau Ettringite (3CaO.Al₂O₃.3CaSO₄.31H₂O) yang me-nempati volume yang lebih besar dari pada senyawa-senyawa yang digantikan tempat-nya sehingga mengakibatkan terjadinya pengembangan dan pemisahan dari pasta semen disertai dengan terjadinya tegangan-tegangan internal yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya retak-retak dan lepasnya partikel-partikel beton sehingga memperlemah kekuatan beton.

Pada beton N2 selama 7, 14 dan 28 hari berturut-turut memiliki kuat tekan sebesar 25,24 MPa, 28,34 MPa dan 31,96 MPa. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh beton N3, dimana kuat tekan beton yang dihasilkan untuk umur 7, 14 dan 28 hari, berturut-turut sebesar 19,45 MPa, 25,24 MPa dan 32,06 MPa. Jika dibandingkan dengan kuat tekan beton N1

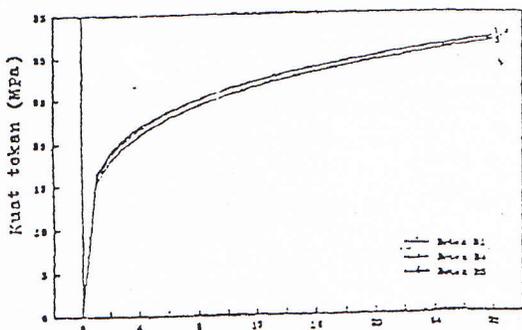
untuk umur 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 25,74 MPa, 29,33 MPa dan 33,46 MPa memperlihatkan bahwa ion sulfat akan memperlambat proses pengerasan beton.

Jika dapat disimpulkan bahwa air perawatan beton tidak masuk atau tidak menggantikan air yang ada didalam beton, tetapi air perawatan beton yang mengandung zat kimia agresif sulfat akan memperlemah atau merusak kekuatan beton secara perlahan-lahan dimulai dari sisi luar yang mempunyai kontak langsung dengan lingkungan yang mengandung sulfat tersebut.

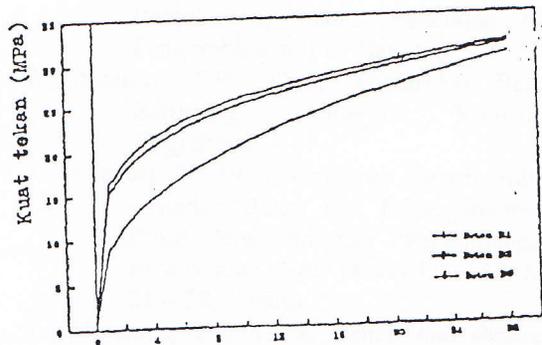
Dari Gambar 5 tampak bahwa kuat tekan beton N1 dan N2 ternyata memiliki nilai yang relative sama. Akan tetapi pada beton N4 terjadi penurunan nilai mulai dari umur 14 hari hingga umur 28 hari, walaupun kuat tekan beton yang dihasilkan tetap naik sejalan dengan umur betonnya. Penurunan kuat tekan beton tersebut relative kecil, yaitu 1,514 MPa dari beton N1 pada umur 28 hari. Ini menunjukkan bahwa air perawatan beton tidak masuk ke dalam beton sehingga proses hidrasi berlangsung secara normal.

Air perawatan beton yang mengandung unsur kimia agresif sulfat akan berpengaruh dengan merusak beton secara perlahan-lahan mulai dari tepi dan sudut beton dengan terjadinya pelepasan butir-butir partikel beton dan pengembangan atau pemekaran.

Seperti halnya hasil diatas, pada beton dengan perlakuan 1,4 dan 5, dengan konsentrasi H_2SO_4 yang berbeda (2 gr/l) memberikan hasil yang hampir sama. Dengan mengubah konsentrasi larutan H_2SO_4 pada campuran adukan beton (Beton N5) dan air perawatan beton (beton N4), seperti terlihat pada Gambar 6, maka diperoleh kuat tekan yang relative hamper sama pada ketiga perlakuan N1, N4 dan N5.



Gambar 6. Perbandingan kuat tekan beton N₁, N₄, N₅



Gambar 7. Perbandingan kuat tekan beton N₁, N₃, N₅

Pada beton N5, diperoleh kuat tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari berturut-turut adalah sebesar 24,86 MPa, 28,67 MPa dan 33,06 MPa. Kuat tekan yang dihasilkan ini ternyata lebih kecil dari beton N1 berturut-turut sebesar 0,88 MPa, 0,66 mPa dan 0,40 MPa. Hal ini menunjukkan pengaruh yang sama dari ion sulfat, yaitu memperlambat proses pengerasan beton, seperti yang terjadi pada beton N3, hanya berbeda dalam derajat perlambatannya. Namun pada beton N4 kuat tekan yang dihasilkan relatif sama.

Dari hasil regresi disusun kuat tekan beton untuk perlakuan 1, 3 dan 5 pada Tabel 2. Dari Tabel 2 ini dapat dilihat bahwa beton N5 akan mengalami pengurangan kuat tekan untuk umur 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 0,88 MPa, 0,66 MPa dan 0,40 MPa terhadap beton N1, sedangkan untuk beton N3 kuat tekannya lebih kecil masing-masing sebesar 5,99 MPa, 4,05 MPa dan 1,40 MPa dari N1.

Tabel 2. Kuat tekan beton hasil regresi dalam MPa

Perlakuan Beton	Umur Beton		
	7 hari	14 hari	28 hari
N1	25,74	29,33	33,46
N2	25,24	28,39	31,96
N3	19,75	25,24	32,06
N4	25,44	29,23	33,57
N5	24,86	28,67	33,06

Dengan melihat Tabel 2 dapat diketahui bahwa beton N3 dan N5 menghasilkan kuat tekan awal yang rendah bila dibandingkan dengan tipe yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa pada beton N3 dan N5, ion sulfat dalam adukan beton akan memperlambat proses pengerasan awal dari beton dan setelah itu proses

pengerasan beton akan berlangsung cepat sehingga tercapai kuat tekan maksimum beton yang relatif hampir sama dengan kuat tekan beton N1. Besarnya pengaruh perlambatan pengerasan beton tergantung pada konsentrasi sulfatnya, yaitu dengan semakin besar konsentrasi sulfatnya maka makin besar perlambatan yang terjadi pada pengerasan betonnya.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan *Sulphate Resisting Portland Cement* sangat berguna bagi struktur beton yang berada pada lingkungan yang mengandung ion sulfat.

KESIMPULAN

- Air perawatan yang mengandung ion sulfat dengan konsentrasi tinggi akan menghasilkan kuat tekan beton yang lebih rendah
- Air adukan yang mengandung ion sulfat akan memperlambat proses hidrasi pengerasan beton sebanding dengan konsentrasi ion sulfatnya
- Untuk daerah dengan air mengandung sulfat tinggi, dianjurkan menggunakan semen tahan sulfat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI- 82), Pusat Penelitian dan Pengembangan

- Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung
2. Astanto, T.B; 2005, Konstruksi Beton Bertulang, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
3. Masruri, N; 1993, Pengaruh Garam Sulfat terhadap Beton dan Pencegahannya, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Vol. IX no 11 - 12, hal 21 - 28, Jakarta
4. Murdock, L.J; 1999; Bahan dan Praktek Beton; terjemahan Erlangga, Penerbit Erlangga, Jakarta
5. Priyosulistiyono, HRC; 1994, Concrete Mix Design; P A U UGM Yogyakarta
6. SK. SNI S-37-1990-03 mengenai, Spesifikasi Beton Tahan Sulfat, Dep. PU, Jakarta
7. Teychenne, D.C; Franklin, R.E; dan Erbtroy, H.C; 1982, Design of Normal Concrete Mixes; Dep. Of the Environment, Cement Concrete Association, London
8. Tjokrodinuljo, K, 1996; Teknologi Beton; Penerbit Naviri, Yogyakarta.