

PENGARUH AIR LAUT PADA PERAWATAN (*CURING*) BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN ABSORPSI BETON DENGAN VARIASI FAKTOR AIR SEMEN DAN DURASI PERAWATAN

Ristinah Syamsuddin, Agung Wicaksono, Fauzan Fazairin M
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : civil@ub.ac.id

ABSTRAK

Dalam proses pembuatan bangunan di daerah pantai, kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindari. Air laut sendiri memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Hal ini disebabkan klorida (Cl) yang terdapat pada air laut yang merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain, termasuk beton. Pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh air laut terhadap kuat tekan dan absorpsi pada beton pada masa perawatan selama 28 hari dengan berbagai durasi sentuhan dengan air laut. Hal ini karena kontak dengan air laut tidak hanya terjadi pada saat beton sudah jadi, namun juga pada saat perawatannya (*curing*). Dalam penelitian ini digunakan benda uji beton dengan variasi faktor air semen 0,45; 0,50; 0,55 serta variasi durasi *curing* air laut selama 1 hari, 2 hari, 3 hari dan *curing* air bersih selama 3 hari. Tiap variasi diberikan uji tekan setelah beton berumur 28 hari. Untuk mengukur kedalaman absorpsi air laut yang telah diberi pewarna pada pecahan benda uji dengan menggunakan *crack detector*. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi faktor air semen 0,45 ; 0,50; dan 0,55 memberikan perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton baik dengan perawatan air laut maupun air bersih sedangkan variasi durasi *curing* dengan air laut selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari tidak memberikan perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Absorpsi yang terjadi pada beton dipengaruhi oleh variasi durasi *curing* air laut dan variasi faktor air semen, semakin lama masa *curing* dan semakin besar faktor air semen maka semakin besar pula absorpsi yang terjadi.

Kata kunci : absorpsi, air laut, beton, durasi, faktor air semen, kuat tekan, perawatan.

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang merupakan campuran heterogen antara agregat kasar dan halus dengan bahan pengikat, semen dan air yang dalam proses pencampurannya mengalami pengerasan dalam kurun waktu tertentu. Mayoritas volume bahan bangunan menggunakan beton karena sifatnya yang mudah dibentuk sesuai dengan desain bangunan yang diinginkan serta bahannya yang relatif mudah didapat dan didistribusikan.

Sebagian besar permukaan bumi merupakan wilayah laut. Didalamnya terkandung berbagai sumber daya alam yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan manusia. Mulai dari sumber makanan seperti ikan dan tumbuhan laut,

sumber energi seperti minyak bumi dan pembangkit tenaga listrik tenaga gelombang, sebagai sarana transportasi dan tempat wisata. Semua itu membuat manusia dapat memanfaatkannya semaksimal mungkin.

Untuk memanfaatkan berbagai potensi tersebut, dibangun berbagai prasarana penunjang. Prasarana penunjang tersebut seperti pelabuhan laut, anjungan lepas pantai, jembatan, tempat peristirahatan dan sebagainya. Dalam proses pembuatannya kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindarkan.

Air laut sendiri memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Hal ini disebabkan klorida (Cl) yang terdapat pada air laut yang

merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain, termasuk beton. Kerusakan dapat terjadi pada beton akibat reaksi antara air laut yang agresif yang terpenetrasi ke dalam beton dengan senyawa-senyawa di dalam beton yang mengakibatkan beton kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan dan kekakuannya serta mempercepat proses pelapukan. (Mehta, 1991)

Dari penjelasan di atas, maka pada penelitian kali ini akan dibahas bagaimana pengaruh air laut terhadap kuat tekan dan absorpsi pada beton pada masa perawatan selama 28 hari dengan berbagai durasi sentuhan dengan air laut. Hal ini karena kontak dengan air laut tidak hanya terjadi pada saat beton sudah jadi, namun juga pada saat perawatannya (*curing*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh air laut terhadap kuat tekan beton dengan variasi faktor air semen dan mengetahui seberapa besar absorpsi air laut pada beton saat *curing*.

Kuat tekan beton adalah ukuran maksimum beton menerima beban aksial. Kuat tekan beton yang direncanakan ditentukan dengan kuat tekan pada beton umur 28 hari. Kuat tekan beton yang diisyaratkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat

Perhitungan kuat tekan adalah dengan rumus :

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

dengan :

A = Luas penampang benda uji (Silinder) (cm²)

P = Beban (kg)

f'c = Kuat tekan (kg / cm²)

Pengaruh Air Laut Pada Kuat Tekan Beton

Garam-garam Sodium yang terkandung dalam air laut dapat

menghasilkan substansi yang bila berkombinasi dengan agregat alkali yang reaktif, sama seperti dengan kombinasi dengan semen alkali. Karena itu air laut tidak boleh dipakai untuk beton yang diketahui mempunyai potensi agregat alkali reaktif, bahkan bila kadar alkalinya rendah (Nugraha, 1990:65). Sebagian dari garam-garam ini akan bereaksi secara kimiawi dengan semen dan mengubah atau memperlambat proses pengikatan semen, jenis-jenis lainnya dapat mengurangi kekuatan beton. Selain reaksi kimia, kristalisasi garam dalam rongga beton dapat mengakibatkan kehancuran akibat tekanan kristalisasi tadi. Karena kristalisasi terjadi pada titik penguapan air, bentuk serangan terjadi di dalam beton di atas permukaan air. Garam naik di dalam beton dengan aksi kapiler, jadi serangan terjadi hanya jika air dapat terserap dalam beton (Nugraha, 1989:169).

Karena itu walaupun kekuatan awalnya lebih tinggi dari beton biasa, setelah 28 hari kuat tekannya akan lebih rendah. Pengurangan kekuatan ini dapat dikurangi dengan mengurangi faktor air semen.

Hubungan antara umur beton terhadap kuat tekan beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (Tri Mulyono, 2004:138).

Perbedaan kuat tekan ini disebabkan karena adanya proses hidrasi dan waktu pengikatan dalam pembentukan beton,

yang berlangsung secara bertahap dari awal beton tersebut dibuat sampai umur yang direncanakan yakni 28 hari (didapatkan kuat tekan yang direncanakan).

Hubungan antara faktor air semen (FAS) terhadap kuat tekan beton

Semakin tinggi mutu beton yang ingin dicapai umumnya menggunakan nilai w.c.r (fas) rendah, sedangkan di lain pihak, untuk menambah daya *workability* (kelecekan, sifat mudah dikerjakan) diperlukan nilai w.r.c yang lebih tinggi (Dipohusodo, 1999:4). Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan dalam campuran beton semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai. Fas yang rendah menyebabkan air yang berada diantara bagian-bagian semen sedikit dan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya, massa semen lebih menunjukkan keterkaitannya (kekuatan awal lebih berpengaruh). Untuk mengetahui pengaruh faktor air semen (fas) terhadap kuat tekan beton maka dapat digunakan analisis statistik yaitu analisis regresi dan varian tunggal.

Reaksi kimiawi antara semen dan air membutuhkan waktu. Fungsi semen sebagai perekat mulai berkembang pada saat umur beton masih muda, karena itu untuk pekerjaan beton baik konvensional maupun precast perlu dilakukan perawatan beton (Sasono, 2008).

Tujuan perawatan beton yaitu :

1. Mencegah kehilangan *moisture* pada beton.
2. Mempertahankan suhu yang baik selama durasi waktu tertentu (diatas suhu beku dan dibawah 50 derajat celcius).

Jenis jenis perawatan beton antara lain :

1. *Steam Curing*

Menguntungkan bila menginginkan kekuatan awal. Panas tambahan dibutuhkan untuk menyelesaikan hidrasi.

2. *Penyemprotan/Fogging*
Metode yang baik untuk kondisi dengan suhu di atas suhu beku dan humiditas rendah. Kekurangannya yaitu biaya dan dapat menyebabkan erosi pada permukaan beton yang baru mengeras.
3. *Penggenangan/Perendaman*
Ideal untuk mencegah hilangnya *moisture*. Mempertahankan suhu yang seragam. Kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan perlu pengawasan dan tidak praktis untuk proyek yang besar.
4. *Lembaran Plastik (ASTM C171)*
Lapisan Polyethylene dengan ketebalan 4 mm. Kelebihannya yaitu ringan, efektif sebagai penghalang hilangnya *moisture*, dan mudah diterapkan. Kekurangannya yaitu dapat menyebabkan *discoloration* permukaan, lebih terlihat bila lapisan plastik bergelombang dan diperlukan penambahan air secara periodik.
5. *Penutup Basah (ASTM C171)*
Menggunakan bahan yang dapat mempertahankan *moisture* seperti burlap (karung goni) yang dibasahi. Kelebihannya yaitu tidak terjadi *discoloration* dan tahan terhadap api. Kekurangannya yaitu memerlukan penambahan air secara periodik dan diperlukan lapisan plastik penutup burlap untuk mengurangi kebutuhan penambahan air.
6. *Curing Compound (ASTM C309)*
Membentuk lapisan tipis pada permukaan untuk menghalangi penguapan. Efisiensinya di tes dengan ASTM C156

Absorpsi

Absorpsi merupakan salah satu tolok ukur yang dapat dijadikan pedoman

apakah beton nantinya dari segi keawetan dapat diandalkan atau tidak. Absorpsi pada beton dapat diukur pada beton setelah umur 28 hari. Dan pada hidrasi semen dengan derajat yang sama, permeabilitas akan menurun pada faktor air semen yang rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya Absorpsi pada beton, antara lain :

1. Faktor air semen.

Besarnya kadar air yang ada dalam campuran beton ditentukan oleh faktor air semen, adanya faktor air semen yang tinggi, maka kadar air yang ada pada campuran beton juga tinggi dan hal ini dapat mengakibatkan absorpsi beton yang besar pula.

2. Susunan Butir (Gradasi) Agregat.

Pada beton yang menggunakan bahan agregat yang bergradasi baik, umumnya mempunyai nilai absorpsi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat bergradasi kurang baik. Celah-celah yang ada diantara butiran yang lebih besar dapat terisi oleh butiran yang berukuran kecil dan dapat membentuk massa yang padat setelah dicampur dengan semen dan air. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terbentuknya rongga-rongga untuk diisi air sisa proses hidrasi.

Dari beberapa kajian pustaka yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini dapat diambil hipotesis bahwa penggunaan air laut pada durasi perawatan beton dan dengan faktor air semen 0,45; 0,50; dan 0,55 akan memberikan pengaruh pada kuat tekan dan absorpsi pada beton.

METODE

1. Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan mix desain dengan mutu

22.5 MPa dengan faktor air semen 0.45, 0.50, dan 0.55

2. Benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm
3. Perawatan benda uji dilakukan selama 1, 2 dan 3 hari dengan air laut dan 3 hari dengan air bersih.
4. Dilakukan uji kuat tekan pada benda uji pada umur 28 hari sampai benda uji menjadi retak (hampir hancur).
5. Mengukur kedalaman masuknya absorpsi air laut yg telah diberi warna pada pecahan benda uji dengan menggunakan *crack detector*.

Variabel yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel tak bebas.

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini, yang merupakan variabel bebas adalah variabel durasi *curing* dan faktor air semen (fas).

2. Variabel tak bebas (*dependent variable*)

Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini, yang merupakan variabel tak bebas adalah hasil uji tekan dan absorpsi air laut pada beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Beton

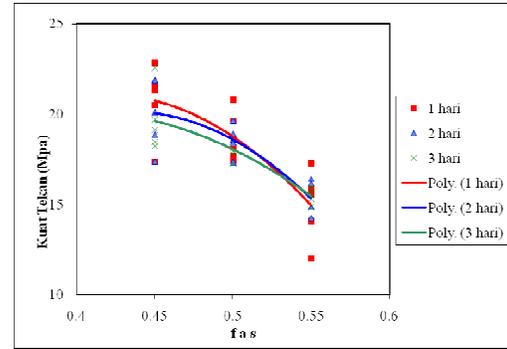
Kuat tekan beton adalah ukuran maksimum beton menerima beban aksial. Kuat tekan beton yang direncanakan ditentukan dengan kuat tekan pada beton umur 28 hari. Kuat tekan beton yang diisyaratkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.

Dalam penelitian ini, setelah benda uji direndam selama 28 hari kemudian benda uji dites dengan alat uji

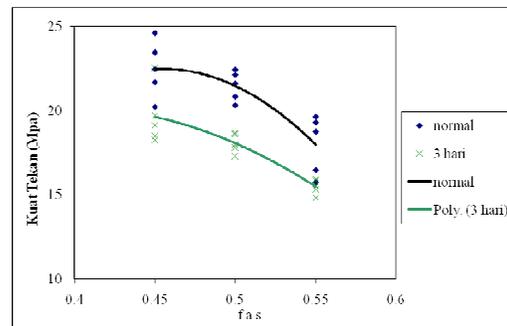
tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Durasi Curing (Hari)	f a s	Sampel	Kuat Tekan (kg/cm ²) (P/A)	Kuat Tekan (MPa) (P/A)
Normal	0.45	1	238.935	23.439
		2	221.043	21.684
		3	229.123	22.477
		4	251.055	24.628
		5	206.038	20.212
1	0.45	1	217.581	21.345
		2	219.889	21.571
		3	232.586	22.817
		4	177.181	17.381
		5	208.924	20.495
2	0.45	1	177.181	17.381
		2	223.352	21.911
		3	192.187	18.854
		4	204.884	20.099
		5	222.775	21.854
3	0.45	1	188.147	18.457
		2	200.844	19.703
		3	185.838	18.231
		4	195.072	19.137
		5	229.700	22.534
Normal	0.5	1	225.661	22.137
		2	212.386	20.835
		3	220.466	21.628
		4	207.192	20.326
		5	228.546	22.420
1	0.5	1	200.266	19.646
		2	177.758	17.438
		3	185.261	18.174
		4	180.067	17.665
		5	211.809	20.778
2	0.5	1	189.878	18.627
		2	187.569	18.401
		3	192.764	18.910
		4	176.604	17.325
		5	200.266	19.646
3	0.5	1	176.027	17.268
		2	181.221	17.778
		3	182.952	17.948
		4	189.301	18.570
		5	190.455	18.684
Normal	0.55	1	167.947	16.476
		2	160.444	15.740
		3	196.804	19.306
		4	200.266	19.646
		5	191.032	18.740
1	0.55	1	158.713	15.570
		2	176.027	17.268
		3	161.598	15.853
		4	143.130	14.041
		5	122.353	12.003
2	0.55	1	167.370	16.419
		2	151.787	14.890
		3	165.061	16.192
		4	151.787	14.890
		5	145.438	14.268
3	0.55	1	151.210	14.834
		2	161.598	15.853
		3	158.136	15.513
		4	155.827	15.287
		5	162.175	15.909
		6	160.444	15.740



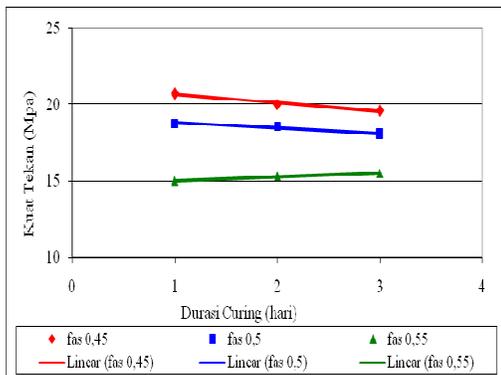
Gambar 1. Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dan Faktor Air Semen Dengan Variasi Durasi *Curing* Air Laut



Gambar 2. Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dan Faktor Air Semen Dengan Variasi Jenis Air *Curing*

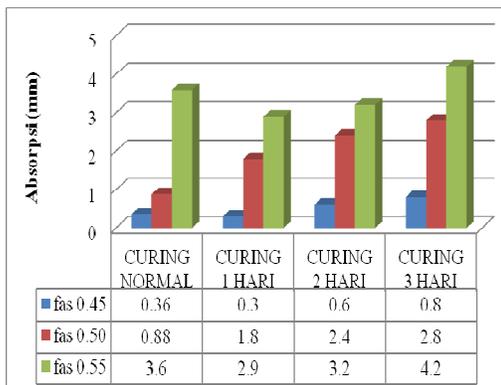
Berdasarkan **Gambar 1**, dapat terlihat bahwa pada hasil pengujian kuat tekan beton, faktor air semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Pada faktor air semen 0,45 dan 0,5 terlihat semakin besar durasi *curing* air laut maka semakin kecil kuat tekannya. Sedangkan pada faktor air semen 0,55 berbeda dengan faktor air semen lainnya dimana semakin besar durasi *curing* maka semakin besar kuat tekannya. Dari hasil ini dapat dijelaskan bahwa pada faktor air semen 0,45 dan 0,5 faktor penggunaan air laut memberikan pengaruh lebih besar dari pada faktor durasi *curing* terhadap penurunan kuat tekan beton sedangkan pada faktor air semen 0,55 faktor penggunaan air laut memberikan pengaruh lebih kecil dari pada faktor durasi *curing* terhadap penurunan kuat tekan beton.

Sedangkan pada **Gambar 2**, menunjukkan bahwa penggunaan air laut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan bila dibandingkan dengan penggunaan air bersih. Kuat tekan beton yang di *curing* dengan air laut selama 3 hari lebih kecil dari pada kuat tekan beton yang di *curing* dengan air bersih selama 3 hari.



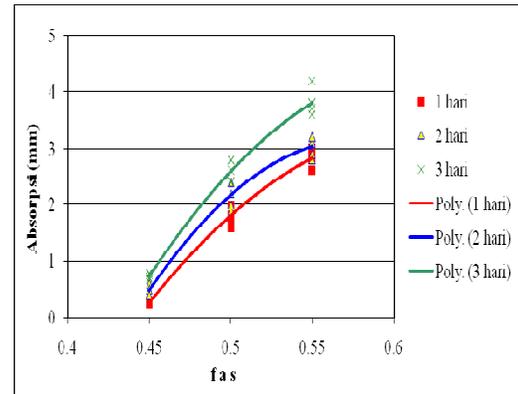
Gambar 3. Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dengan Durasi *Curing* Pada Variasi Faktor Air Semen

Dari **Gambar 3**, dapat terlihat bahwa variasi durasi *curing* air laut dapat dikatakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton untuk faktor air semen 0.45, 0.50 dan 0.55.

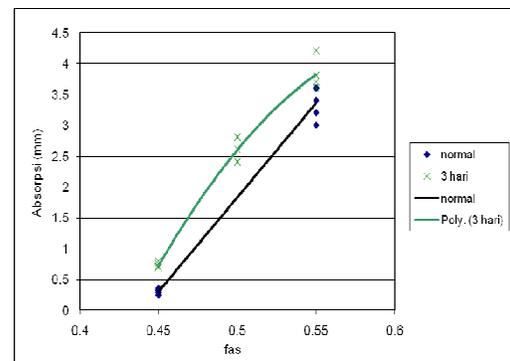


Gambar 4. Hubungan Absorpsi Maksimum dengan Durasi *Curing* pada Variasi Faktor Air Semen.

Berdasarkan **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa durasi *curing* air laut dengan variasi faktor air semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap absorpsi yang terjadi pada beton.

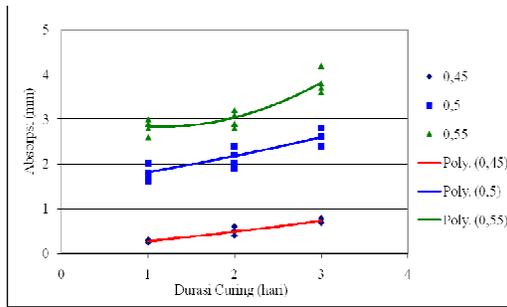


Gambar 5. Hubungan Antara Absorpsi dan Faktor Air Semen Dengan Variasi Durasi *Curing* Air Laut



Gambar 6. Hubungan Antara Absorpsi Dan Faktor Air Semen Dengan Variasi Jenis Air *Curing*

Berdasarkan **Gambar 5**, dapat terlihat bahwa faktor air semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap absorpsi beton. Sedangkan pada **Gambar 6**, menunjukkan bahwa penggunaan air laut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap absorpsi bila dibandingkan dengan penggunaan air bersih.



Gambar 7. Hubungan Antara Absorpsi Beton Dengan Durasi *Curing* Pada Variasi Faktor Air Semen

Berdasarkan **Gambar 7**, dapat terlihat bahwa variasi durasi *curing* air laut dapat dikatakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap absorpsi beton untuk faktor air semen 0.45, 0.50 dan 0.55.

Absorpsi Beton

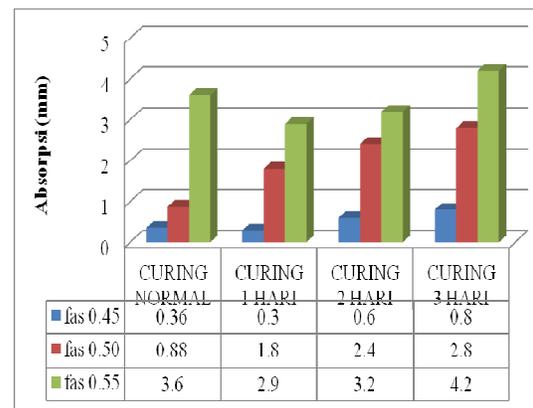
Absorpsi merupakan salah satu tolak ukur yang dapat dijadikan pedoman apakah beton nantinya dari segi keawetan dapat diandalkan atau tidak. Absorpsi pada beton dapat diukur setelah beton berumur 28 hari. Dengan adanya absorpsi yang besar pada beton, maka beton tersebut cenderung untuk kurang awet, dibandingkan dengan yang mempunyai absorpsi yang kecil. Hal ini dapat terjadi karena dengan adanya absorpsi yang tinggi, maka beton tersebut akan rawan terhadap masuknya air yang berada di sekitar beton tersebut, terutama jika airnya mengandung zat-zat yang dapat merusak beton (sulfat, alkohol, larutan gula, bakteri, dsb). Semakin kecil absorpsi, maka beton akan lebih kedap air, beton yang tidak kedap air akan mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang kedap air. Karena pada beton yang tidak kedap air akan terdapat pori-pori yang saling sambung menyambung dalam pasta semen yang telah mengeras.

Dan dalam penelitian ini, setelah benda uji dites dengan alat uji tekan

beton kemudian benda uji diukur kedalaman absorpsi air laut yang menembus selimut beton dengan menggunakan *crack detector*. Hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kedalaman Absorpsi Beton

fas	ABSORPSI			
	CURING NORMAL (mm)	CURING 1 HARI (mm)	CURING 2 HARI (mm)	CURING 3 HARI (mm)
0.45	0.28	0.3	0.5	0.7
	0.32	0.24	0.4	0.7
	0.24	0.28	0.6	0.68
	0.32	0.28	0.5	0.8
	0.36	0.24	0.4	0.76
0.5	0.82	1.6	2.4	2.4
	0.86	2	2.2	2.6
	0.82	1.7	1.9	2.4
	0.88	2	2	2.8
	0.78	1.8	2.4	2.8
0.55	3	2.8	3.2	3.7
	3.4	2.6	2.8	3.8
	3.6	2.9	3.1	4.2
	3.6	3	2.9	3.8
	3.2	2.9	3.2	3.6



Gambar 8. Hubungan Absorpsi Maksimum dengan Durasi *Curing* pada Variasi Faktor Air Semen

Berdasarkan **Tabel 2** dan **Gambar 8** dapat dilihat bahwa durasi *curing* air laut dengan variasi faktor air semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap absorpsi yang terjadi pada beton.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi faktor air semen 0,45 ; 0,50; dan 0,55 memberikan perbedaan pengaruh terhadap kuat tekan beton serta ada perbedaan antara kuat tekan beton yang menggunakan air laut dengan kuat tekan beton yang menggunakan air bersih yaitu untuk dimana kuat tekan beton yang menggunakan air bersih lebih tinggi dibandingkan dengan *curing* yang menggunakan air laut. Sedangkan untuk durasi *curing* dengan air laut selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari terdapat perbedaan kuat tekan beton yang relatif kecil. Terjadi sedikit penurunan dari 1 ke 3 hari untuk faktor air semen 0,45 dan 0,5 dan terjadi sedikit kenaikan dari 1 ke 3 hari untuk faktor air semen 0,55.
2. Absorpsi yang terjadi pada beton dipengaruhi oleh variasi durasi *curing* air laut selama 1, 2, dan 3 hari dan variasi faktor air semen 0,45, 0,5 dan 0,55. Semakin lama masa *curing* dan semakin besar faktor air semen maka semakin besar pula absorpsi yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, S. 2005. Teknologi Beton A-Z. Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta

- Armaja, W. 2001. Prediksi Pengaruh Nisbah Air-Semen dan Abu Terbang Suralaya Sebagai Substitusi Semen Pada Difusitas Efektif Cl^- Dalam Specimen Mortar dengan Metode Yang Dipercepat. Tugas Akhir. Fakultas Ilmu Bumi dan Teknologi Mineral ITB, Bandung..
- Dipohusodo, I. 1999. Struktur Beton Bertulang. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Eniaeti, M. 1996. Perilaku Lentur Balok Komposit Beton Mutu Tinggi Pada Lingkungan Agresif, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Harianto, S. 2004. Analisis Kecepatan Penetrasi Ion Klorida Dalam Beton Silika Fume Untuk Memprediksi Durabilitas Dengan Metode Dipercepat. Tesis Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Mehta, P. Kumar. 1991. Concrete in Marine Environment. Elsevier Science Publisher LTD, England
- Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. CV Andi Offset, Jogjakarta.
- Nawy, E.G. Beton Bertulang [Suatu Pendekatan Dasar]. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Neville, A. M. 1993. Properties of Concrete. Singapore Longman Publisher
- Nugraha, P. 2007. Teknologi Beton. CV Andi Offset, Jogjakarta.
- Sasonov. 2008. Curing/Perawatan Beton. <http://12a097.blogspot.com>
- Zaenal, W. 1997. Pengaruh Umur Perendaman Beton Dalam Air Laut Terhadap Nilai Kuat Tarik Belah Yang menggunakan Semen Tipe I Dan Portland Pozzolan Cement (PPC). Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.