

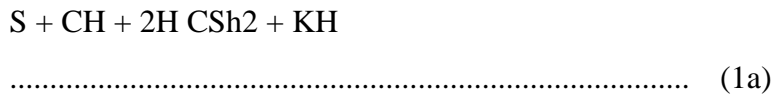
BAB II

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Pengaruh Air Laut Terhadap Kekuatan dan Ketahanan Beton

Beton adalah hasil campuran antara semen, air, pasir dan kerikil yang memiliki perbandingan tertentu yang disesuaikan dengan fungsi dan tujuan pembuatan beton tersebut. Beton pada prinsipnya direkatkan oleh semen yang dicampur dengan air untuk mengikat agregat kasar maupun agregat halus. Perlekatan pasta semen dengan cara mengisi rongga-rongga yang ada pada agregat sehingga harus diperhitungkan dan memiliki perbandingan yang baik sehingga beton yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$), yang diperburuk dengan adanya kandungan Chlorida didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan beton akan mengembang dan beton tampak menjadi keputih-putihan, sebelumnya didahului oleh terjadinya retak. Akhirnya beton akan menjadi lunak dan membentuk lapisan seperti lumpur dikarenakan mengalami serangan sulfat.

Saat pertama kali beton mengalami serangan sulfat, kekuatan tekan beton pada usia dini akan naik, lalu secara bertahap mengalami penurunan kekuatan dan akhirnya beton mengembang. Serangan ini dianggap sebagai akibat dari kehadiran Magnesium Sulfat ($MgSO_4$) dan Potassium (KS) pada air laut yang dapat menyebabkan timbulnya serangan sulfat pada beton. Serangan dimulai semenjak beton siap bereaksi dengan Calcium Hidroksida ($2CaOH$) yang muncul pada semen. Prosesnya terjadi seperti reaksi kimia yang terdapat pada Rumus 1.



Keterangan: K = KO, dan M = MgO

Sebenarnya serangan Magnesiul Sulfat ($MgSO_4$) perlu mendapat perhatian, karena jika bereaksi dengan Calcium Sulfat (CSH) akan bersifat ambivalen, disatu pihak kekuatan reaksinya menghasilkan gypsum yang sifatnya menguntungkan semen. Tetapi (M_4SH_8), material ini sifatnya tidak memiliki kemampuan rekat seperti halnya material semen. Perkiraan komposisi senyawa dan kadar ion yang terkandung dalam air laut pada umumnya disajikan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Senyawa dalam Air Laut pada Berat Jenis 1,0258 liter/kg

No	Senyawa	Gram per kg air laut
1	Fe ₂ O ₃	0,003
2	CaCO ₃	0,1172
3	CaSO ₄ .2H ₂ O	1,7488
4	NaCl	29,6959
5	MgSO ₄	2,4787
6	MgCl ₂	3,3172
7	NaBr	0,5524
8	KCl	0,5339
Total		38,44471

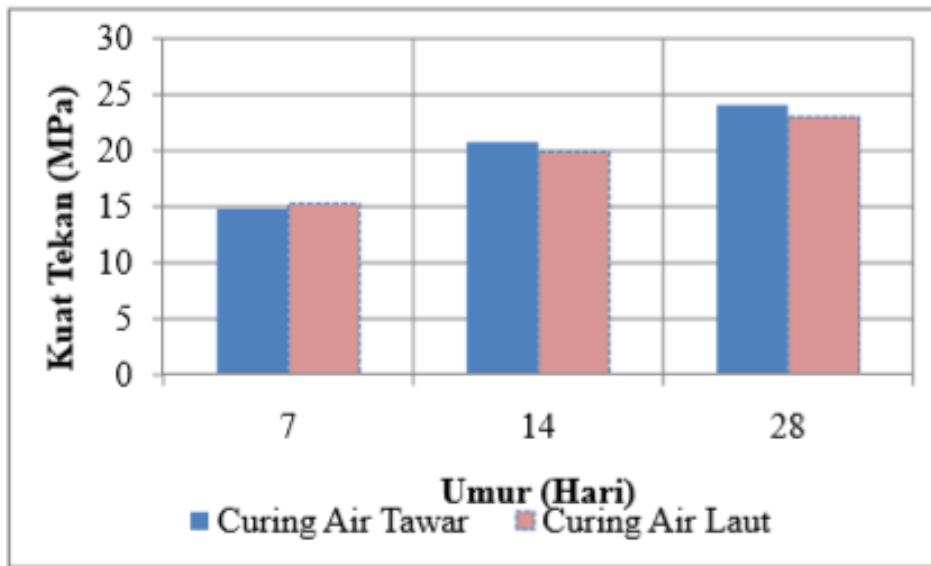
Tabel 2.2 Komposisi Ion pada Air Laut

Nama Umum	Ion	(g)
Sodium	Na	10360
Magnesium	Mg ⁺⁺	1,294
Calcium,	Ca ⁺⁺	0,413
Potassium	K ⁺	0,387
Strontium	Sr ⁺⁺	0,008
Chlorida	CL ⁻	19,353
Sulfat	SO ₄ ²⁻	2,712
Bromide	Br ⁻	0,008
Boron	B	0,001
Bikarbonat	NaHCO ₃	0,142
Fluor	FN ₃	0,001

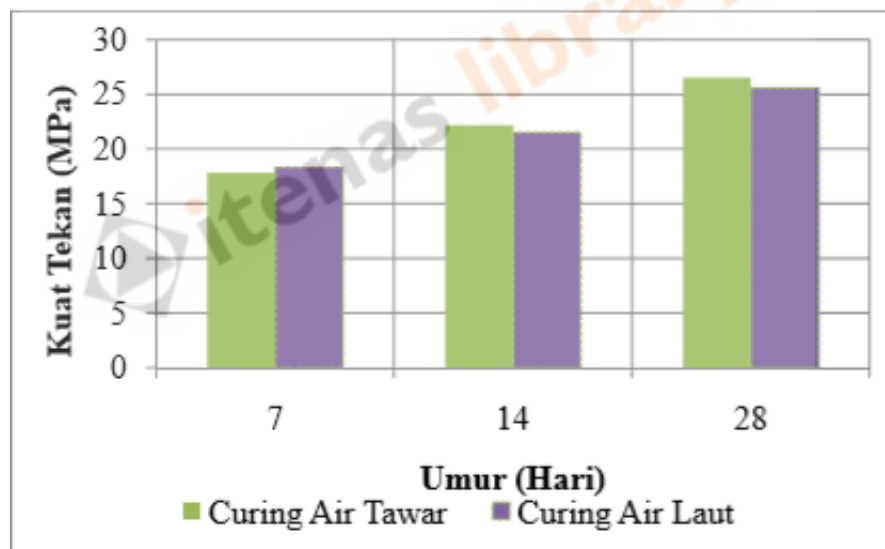
Pada lingkungan yang terpengaruh air laut, ion-ion chlorida dan sulfat meresap masuk ke dalam lapisan beton, sehingga terjadi reaksi kimia sangat kompleks, yang merupakan awal dari perubahan sifat fisika dan kimia beton.

Berikut adalah kuat tekan beton yang direndam air tawar dan air laut yang berasal dari hasil penelitian Amy Wadu (2014).

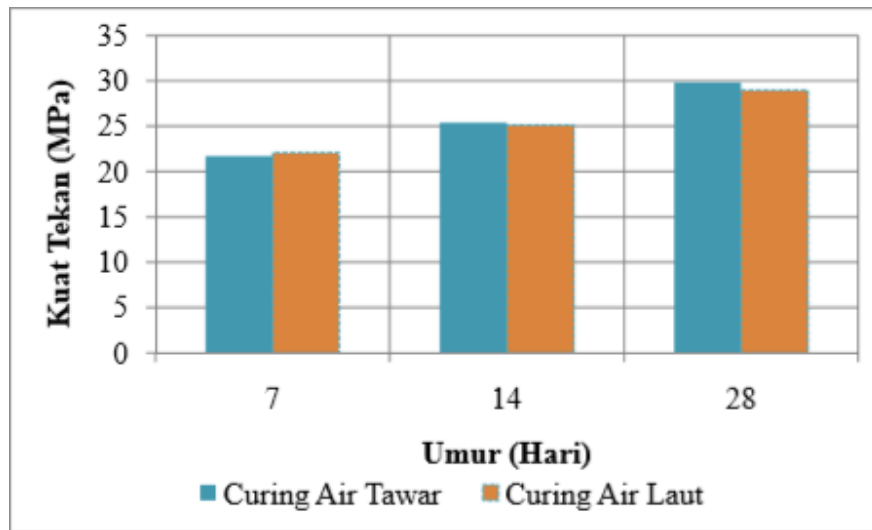
Mutu beton 20 MPa, 25 MPa dan 30 MPa terhadap kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari, didapat hasil seperti pada Gambar 2.1, Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Grafik kuat tekan beton ($f_{cr} = 20$ MPa)



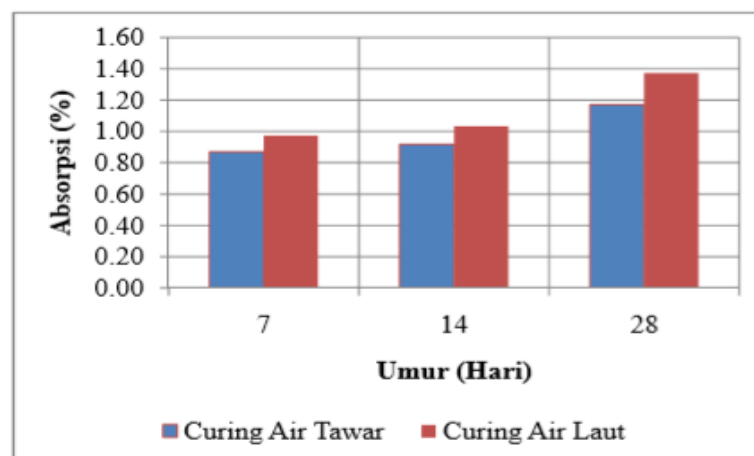
Gambar 2.2 Grafik kuat tekan beton ($f_{cr} = 25$ MPa)



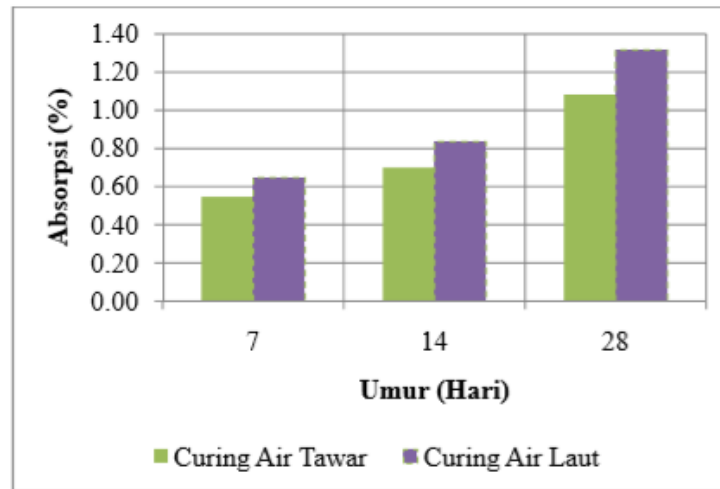
Gambar 2.3 Grafik kuat tekan beton ($f_{cr} = 30$ MPa)

Dari grafik yang terdapat pada Gambar 2.1, Gambar 2.2 dan Gambar 2.3, kuat tekan beton menggunakan perawatan dengan air tawar pada umur 7 hari menghasilkan nilai kuat tekan lebih rendah daripada menggunakan perawatan dengan air laut, Tetapi pada beton umur 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton menggunakan air tawar lebih tinggi daripada menggunakan perawatan air laut.

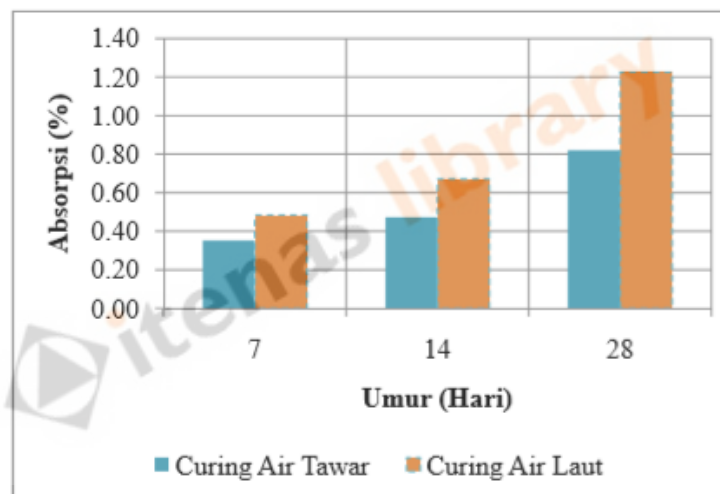
Selanjutnya ketahanan beton yang terendam pada air laut telah diteliti oleh Amy Wadu (2014) yang hasil penelitiannya disajikan pada Gambar 2.4, Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.4 Grafik nilai absorpsi beton ($f_{cr} = 20$ MPa)



Gambar 2.5 Grafik nilai absorpsi beton ($f_{cr} = 25$ MPa)



Gambar 2.6 Grafik nilai absorpsi beton ($f_{cr} = 30$ MPa)

Pada Gambar 2.4, Gambar 2.5 dan Gambar 2.6, Terlihat absorpsi beton yang direndam air laut lebih besar daripada absorpsi beton yang direndam air tawar. Maka dari itu perawatan menggunakan air laut mempegaruhi ketahanan terhadap beton.

2.2 Persyaratan Beton Pada Lingkungan Agresif

Pada lingkungan korosif atau kondisi paparan parah lainnya, selimut beton harus ditingkatkan bilamana diperlukan dan disyaratkan. Persyaratan yang dapat diterima untuk beton didasarkan pada kategori dan kelas paparan harus dipenuhi, atau perlindungan lainnya harus disediakan. Sebagai tambahan, untuk menghindari korosi, selimut beton yang ditetapkan untuk tulangan tidak kurang dari 50 mm untuk dinding dan slab tidak kurang dari 65 mm untuk komponen struktur lainnya direkomendasikan. Untuk komponen struktur beton pracetak yang dibuat dibawah kondisi kontrol pabrik, selimut beton yang ditetapkan tidak kurang dari 40 mm untuk dinding dan slab tidak kurang dari 50 mm untuk komponen struktur lainnya direkomendasikan. Persyaratan faktor air semen disajikan pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

Jenis Beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Kandungan Semen Minimum	
			Ukuran nominal Maksimum agregat	
			40 mm	20 mm
Beton Bertulang	Air Tawar	0.50	260	290
	Air Laut	0.45	320	360
Beton Pratekan	Air Tawar	0.50	300	300
	Air Laut	0.45	320	360

Tabel 2.4 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat Sebagai SO ₃			Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M ³)			Factor air semen
	Dalam tanah		Sulfat (SO ₃) Dalam air Tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l							
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tip ell atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tip ell atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe V	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tip ell atau Tipe V Lapisan pelindung	330	370	420	0,45

2.3 Faktor Air Semen Pada Campuran Beton

Faktor air-semen (FAS) atau *water cement ratio* (*wcr*) adalah indikator yang penting pada perancangan campuran beton, karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen pada suatu campuran beton. Jadi dapat dikatakan,

$$\text{FAS (kg/l)} = \frac{\text{Berat Air } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Berat Semen } \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^3}\right)}$$

Fungsi FAS, yaitu:

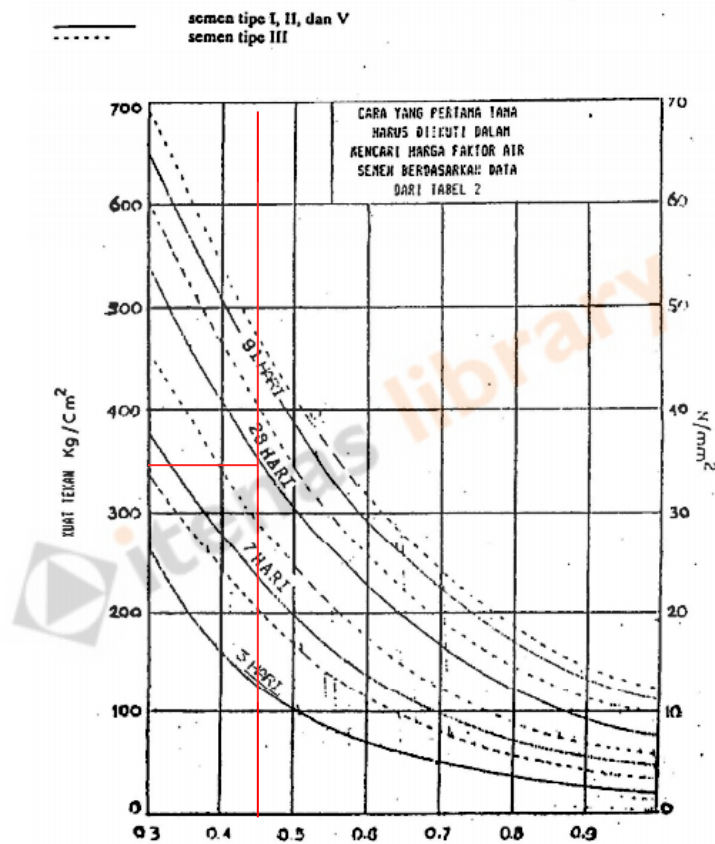
- (a) untuk memungkinkan reaksi kimia untuk pengikatan dan berlangsungnya pengerasan;
- (b) memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan dalam pematatan dan pengerjaan beton, tetapi akan menurunkan kekuatan beton, menimbulkan *bleeding* dan segregasi. Untuk mempermudah pekerjaan pada umumnya tiap partikel membutuhkan air supaya lebih plastis. Harus ada cukup air terserap pada permukaan partikel, yang kemudian air tersebut akan mengisi ruang antar partikel. Partikel halus memiliki luas permukaan yang besar sehingga butuh air yang banyak. Dilain pihak tanpa partikel halus beton tidak akan mencapai plastisitas. Jadi faktor air-semen tidak dapat dipisahkan dengan grading agregat.

Faktor air-semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh L. J. Murdock dan K. M. Brook (1986, Hal. 97), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut Tjokrodimulyo (2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,40 dan max. 0,65.

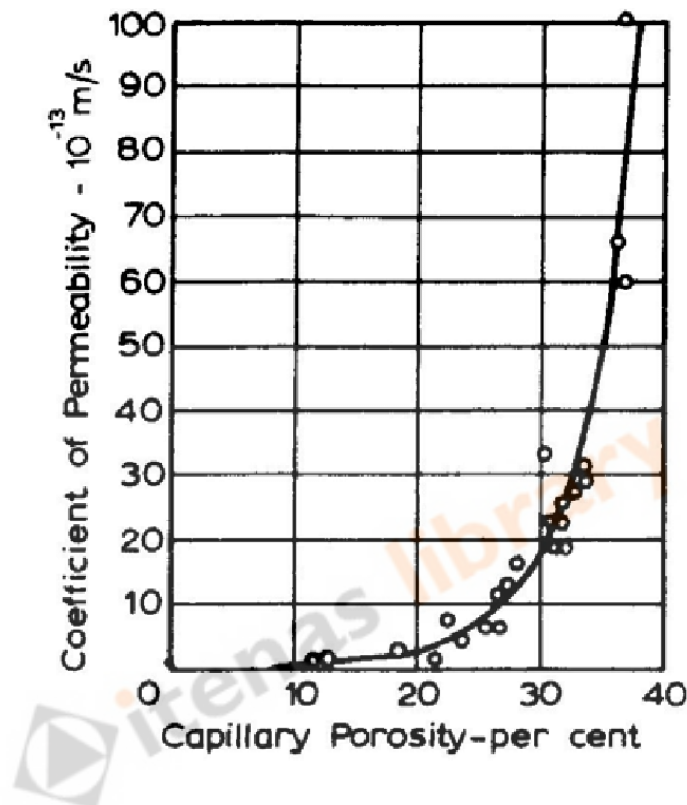
Talbot dan Richard mengatakan bahwa pada rasio air semen 0.20 sampai dengan 0.50, kekuatan beton akan mengalami kenaikan. Akan tetapi hasil penelitian yang dilakukan oleh Duff Abrams menunjukkan semakin bertambahnya nilai FAS hingga lebih dari 0.60 akan menurunkan kekuatan beton sampai nol pada nilai FAS 4.00 untuk beton yang berumur 28 hari. Grafik hubungan antara faktor air-semen dengan kuat tekan disajikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan antara Faktor Air-Semen Dengan Kuat Tekan (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150mm Tinggi 300mm)

Gambar 2.7 merupakan grafik faktor air-semen yang sudah ditandai sesuai dengan disyaratkan oleh SNI yaitu mengenai batasan faktor air-semen maksimal yang berada pada lingkungan agresif yaitu dengan faktor air semen maksimum 0.45 sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-ratanya yaitu ± 36 MPa.

Pengaruh faktor air-semen selain berpengaruh terhadap kekuatan juga berpengaruh terhadap ketahanan porositas dan permeabilitas. Pada Gambar 2.8 adalah grafik ketahanan yang diteliti oleh Y. Zhao (2012).



Gambar 2.8 Grafik Hubungan Porositas dengan Permeabilitas Pasta Semen

Pada Gambar 2.8 merupakan grafik hubungan porositas dengan permeabilitas, terlihat semakin tinggi nilai porositas maka semakin tinggi juga nilai permeabilitasnya. Dengan demikian terlihat bahwa porositas mempengaruhi permeabilitas pada beton. Selain porositas, faktor air-semen juga mempengaruhi nilai porositas dan permeabilitas. Maka dapat dipertanyakan apakah nilai faktor air-semen untuk campuran beton yang berada pada lingkungan agresif dapat dikembangkan lagi agar lebih besar dimana beton masih memiliki ketahanan yang baik. Hal ini perlu dibuktikan dengan penelitian.