

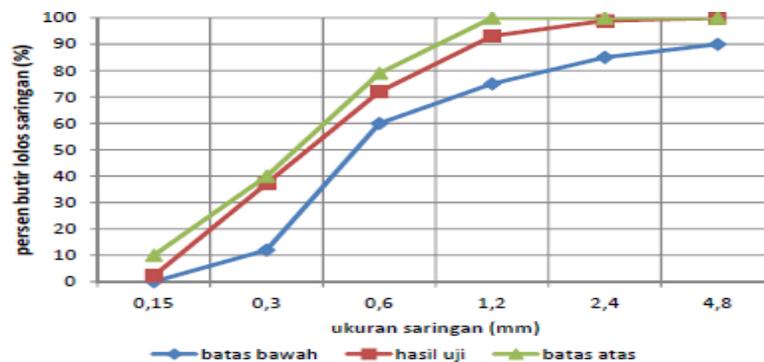
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan salah satu komponen struktur bangunan yang sering digunakan dalam proyek bidang teknik sipil. Beton merupakan pencampuran dari bahan seperti agregat kasar atau kerikil, agregat halus atau pasir, dengan menambahkan bahan pelekat semen dan air sebagai bahan selama proses perawatan dan pengerasan beton berlangsung. Kekuatan beton sangat penting dalam struktur bangunan. Untuk mencapai kekuatan beton yang direncanakan, kebutuhan jumlah semen sangat menentukan besar kekuatannya beton. Semen dalam beton menjadi sangat penting karena sebagai bahan pelekat antara agregat kasar dan agregat halus (Deny dan Joko, 2013).

A. Sifat-sifat Agregat Halus

Sari (2013), melakukan pengujian agregat halus meliputi gradasi agregat halus, kadar air agregat halus, berat jenis dan penyerapan air agregat halus, berat satuan agregat halus, kadar lumpur agregat halus yang berasal dari Sungai Progo. Hasil pengujian gradasi agregat halus adalah Daerah No 3 yaitu pasir agak halus dengan modulus halus butir sebesar 2,96 ditunjukkan pada Gambar 2.1 kadar air agregat halus pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry / SSD*) didapat sebesar 0.604 %. Berat jenis agregat halus kering muka sebesar 2,37 sehingga pasir tergolong agregat normal dan penyerapan air agregat halus dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 0,705%. Berat satuan agregat halus yaitu 1,686 gr/cm³. Kadar lumpur agregat halus dalam penelitian ini adalah 0,4%.



Gambar 2.1 Hasil pemeriksaan gradasi pasir (Sari, 2013).

Saputra (2015), melakukan pengujian agregat halus meliputi pemeriksaan gradasi agregat halus, berat jenis dan penyerapan air agregat halus, kadar lumpur agregat halus, kadar air agregat halus, berat satuan agregat halus yang berasal dari Sungai Progo. Hasil pengujian gradasi berada pada Daerah No 4 yaitu pasir halus dengan modulus halus butiran sebesar 2,204. Berat jenis pasir kering didapat 2,809 tergolong agregat berat dan penyerapan air agregat halus keadaan jenuh kering muka adalah 9,409%. Pemeriksaan kadar lumpur sebesar 2,2% lebih kecil dari nilai standar yang ditetapkan yaitu 5%. Berat satuan pasir SSD didapat sebesar 1,23 gr/cm³.

Alamsyah (2010), melakukan pengujian agregat halus meliputi pemeriksaan gradasi agregat halus, berat jenis dan penyerapan air agregat halus, kadar lumpur agregat halus, kadar air agregat halus dan berat satuan agregat halus yang berasal dari Sungai Progo. Hasil pengujian gradasi agregat halus berada pada Daerah No 4 yaitu pasir halus dengan modulus halus butiran sebesar 2,204. Berat jenis pasir kering didapat 2,809 sehingga pasir ini tergolong agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya 2,5-2,7 sedangkan penyerapan air jenuh kering muka sebesar 9,409%. Kadar lumpur agregat halus sebesar 2,53% lebih kecil dari nilai standart yang ditetapkan yaitu sebesar 5%. Kadar air untuk pasir pada kondisi SSD didapat sebesar 0,81% dan berat satuan agregat halus sebesar 1,55 gram/cm³ termasuk agregat normal yaitu agregat yang beratnya 1,50-1,80 gram/cm³

Perbandingan ketiga hasil pengujian agregat halus (pasir) yang berasal dari Sungai Progo tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil perbandingan agregat halus Sungai Progo

No.	Jenis Pengujian Agregat	Penguji 1	Penguji 2	Penguji 3
		Sari (2013)	Saputra (2015)	Alamsyah (2010)
1	Gradasi daerah	No. 3	No. 4	No. 4
2	Modulus halus butir	2,96	2,204	2,204
3	Berat jenis	2,37	2,809	2,809
4	Berat satuan (gr/cm ³)	1,686	1,55	1,23
5	Kadar air (%)	0.604	-	0,81
6	Penyerapan air (%)	0,705	9,409	9,409
7	Kadar lumpur (%)	0.4	2,2	2,53

B. Sifat Agregat Kasar

Saputra (2016), melakukan penelitian agregat kasar batu pecah Clereng yang meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan berat satuan, pemeriksaan keausan agregat kasar. Hasil pemeriksaan berat jenis batu pecah jenuh kering muka sebesar 2,63 dan penyerapan airnya sebesar 1,42%. Hasil pengujian kadar air kerikil didapat nilai rata-rata sebesar 0,549%. Berat satuan batu pecah adalah 1,55 gr/cm³. kadar lumpur yang terdapat pada batu pecah dari clereng adalah 1,75%. Keausan batu pecah yang didapat dari pengujian sebesar 21,36%.

Wiryanto (2008), melakukan penelitian agregat kasar batu pecah Clereng yang meliputi gradasi butir, berat jenis dan penyerapan air, keausan butir, kadar lumpur, kadar air, dan berat satuan agregat kasar. Hasil dari penelitian gradasi butir agregat dengan modulus 3,32 %. Berat jenis jenuh kering muka dari penelitian ini adalah sebesar 2,60 gr/cm³ dan penyerapan airnya sebesar 2,15%. Keausan agregat kasar sebesar 32,42%. Kadar lumpur yang terkandung pada agregat kasar atau split ini sebesar 0,87%. Kadar air yang terdapat pada dalam split pada kondisi jenuh kering muka adalah 1,8%. Berat satuan agregat kasar adalah 1,35 gr/cm³.

Pratama (2016), melakukan penelitian agregat kasar batu pecah Clereng yang meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan berat satuan, pemeriksaan keausan agregat kasar. Hasil pemeriksaan berat jenis batu pecah jenuh kering muka sebesar 2,87 dan penyerapan airnya sebesar 1,2%. Hasil pengujian kadar air kerikil didapat nilai rata-rata sebesar 0,15%. Berat satuan batu pecah adalah 1,55 gr/cm³. kadar lumpur yang terdapat pada batu pecah dari clereng adalah 1,55%. Keausan batu pecah yang didapat dari pengujian sebesar 21,36%.

Perbandingan ketiga hasil pengujian agregat halus (pasir) yang berasal dari Sungai Progo tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil perbedaan agregat kasar Celereng

No.	Jenis Pengujian Agregat	Penguji 1	Penguji 2	Penguji 3
		Saputra (2016)	Wiryanto (2008)	Pratama (2016)
1	Berat jenis	2,63	2,60	2,87
2	Kadar air (%)	0,549	1,8	0,15
3	Penyerapan air (%)	1,42	2,15	1,2
4	Kadar lumpur (%)	1,75	0,87	1,55
5	Keausan (%)	21,36	32,42	21,36
6	Berat Satuan (gr/cm ³)	1,55	1,35	1,55

C. Pengaruh *Merk* Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perendaman (*Curing*) Air Laut

Mindrasari, dkk (2014), meneliti tentang “Pengaruh *Curing* Air Laut Pada Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Belah dan *Modulus Of Rupture Waterfront City*”, merupakan suatu inovasi pembangunan yang mulai banyak diterapkan di negara-negara maritim termasuk Indonesia. Penggunaan beton di Indonesia tidak lepas dari bangunan-bangunan ditepi pantai ataupun bangunan air yang sering digunakan yaitu beton precast yang sering digunakan pada konstruksi dermaga (*Pier, Jetties*), landasan pacu pesawat di tepi pantai, mercusuar ataupun jembatan sebagai penghubung antar pulau. Adanya inovasi baru dengan menggunakan bahan tambah abu sekam padi yang berguna untuk bahan tambah jenis material bahan bangunan yang bertujuan agar didapat beton yang berkualitas tinggi, ramah lingkungan, ekonomis, tahan lama dan mudah dalam pengerjaannya. Pada analisis pengujian XRF abu sekam padi, diperoleh kandungan SiO₂ terbesar yaitu sebesar 82,59%, yang mana menunjukkan bahwa kandungan silika yang ada pada abu sekam padi sangatlah besar. Ditunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan pada perawatan terhadap benda uji yaitu dengan merendam benda uji pada air normal dan air laut sampai berumur 28 hari dengan pelepasan bekesting selama 1 hari setelah pencetakan benda uji. Pada proses perendaman (*curing*) air laut dan air normal

diberi gelombang menggunakan alat abrasi buatan (*power liquid filter*) karena agar sama dengan kondisi di lapangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.3 dan tabel 2.4 menunjukkan bahwa penambahan bahan tambah abu sekam padi pada beton mutu tinggi mempengaruhi nilai kuat tarik belah dan *modulus of rupture* dimana akan meningkat hingga kadar 15% dari berat semen menurun pada kadar 20% semen. Reaksi kalsium klorida (CaCl_2) yang terkandung dalam air laut menyebabkan kuat tarik belah dan *modulus of rupture* beton meningkat lebih cepat pada kadar abu sekam padi 5%, 10%, 15% dan 20% dibandingkan dengan perlakuan air tawar pada penambahan variasi abu sekam 20% mengalami penurunan kuat tarik belah.

Tabel 2.3 Perbandingan kuat tarik belah beton dengan *curing* air tawar diam dengan perendaman air laut bergerak (Mindrasari, dkk., 2014)

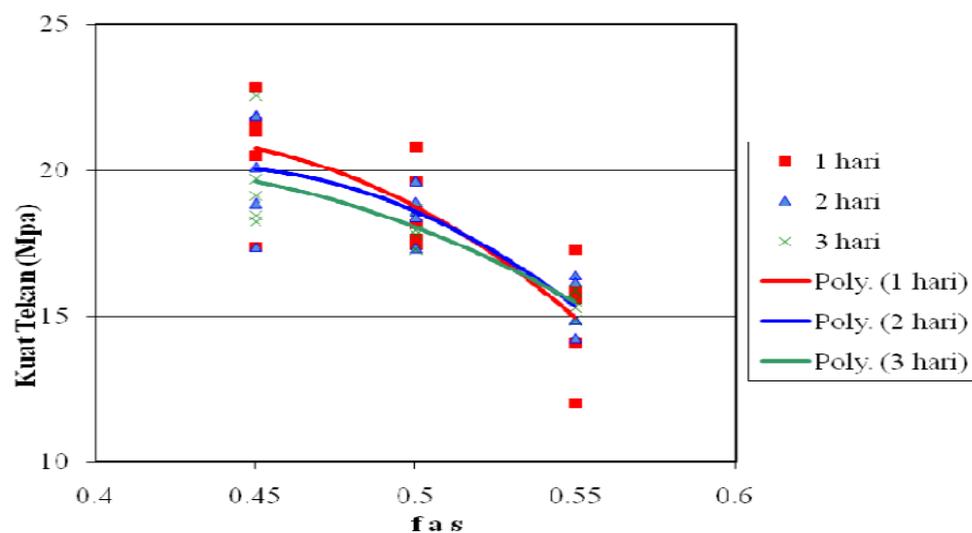
No	Variasi Abu Sekam (%)	Kode Benda Uji		Rata – Rata Kuat Tarik Belah	
		Air Laut	Air Tawar	Air Laut	Air Tawar
1	0	SL-1 SL-2 SL-3 SL-4	SN-1 SN-2 SN-3 SN-4	3.49	3.08
2	5	SASP-5%L-1 SASP-5%L-2 SASP-5%L-3 SASP-5%L-4	SASP-5%N-1 SASP-5%N-2 SASP-5%N-3 SASP-5%N-4	4.10	3.43
3	10	SASP-10%L-1 SASP-10%L-2 SASP-10%L-3 SASP-10%L-4	SASP-10%N-1 SASP-10%N-2 SASP-10%N-3 SASP-10%N-4	4.19	4.08
4	15	SASP-15%L-1 SASP-15%L-2 SASP-15%L-3 SASP-15%L-4	SASP-15%N-1 SASP-15%N-2 SASP-15%N-3 SASP-15%N-4	4.39	4.15
5	20	SASP-20%L-1 SASP-20%L-2 SASP-20%L-3 SASP-20%L-4	SASP-20%N-1 SASP-20%N-2 SASP-20%N-3 SASP-20%N-4	4.39	4.00

Tabel 2.4 Pengaruh bahan tambah abu sekam padi terhadap *modulus of rupture* beton (Mindrasari, dkk., 2014)

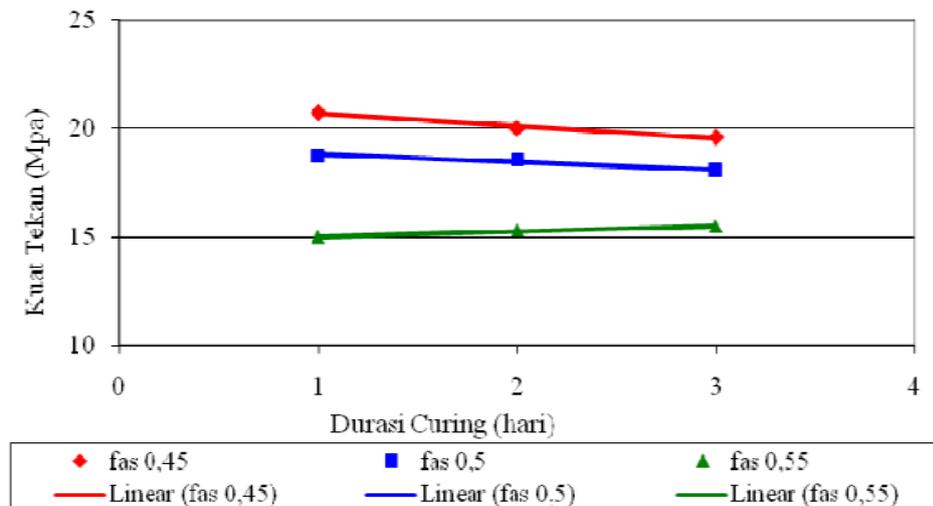
No	Variasi Abu Sekam (%)	Kode Benda Uji		Rata – Rata Kuat Tarik Belah	
		Air Laut	Air Tawar	Air Laut	Air Tawar
1	0	BL-1 BL-2 BL-3 BL-4	BN-1 BN-2 BN-3 BN-4	2.79	3.28
2	5	BASP-5%L-1 BASP-5%L-2 BASP-5%L-3 BASP-5%L-4	BASP-5%N-1 BASP-5%N-2 BASP-5%N-3 BASP-5%N-4	2.85	2.85
3	10	BASP-10%L-1 BASP-10%L-2 BASP-10%L-3 BASP-10%L-4	BASP-10%N-1 BASP-10%N-2 BASP-10%N-3 BASP-10%N-4	2.91	2.91
4	15	BASP-15%L-1 BASP-15%L-2 BASP-15%L-3 BASP-15%L-4	BASP-15%N-1 BASP-15%N-2 BASP-15%N-3 BASP-15%N-4	3.04	3.04
5	20	BASP-20%L-1 BASP-20%L-2 BASP-20%L-3 BASP-20%L-4	BASP-20%N-1 BASP-20%N-2 BASP-20%N-3 BASP-20%N-4	2.91	2.91

Samsyuddin, dkk (2011), meneliti tentang “Pengaruh Air Laut pada Perawatan (*Curing*) Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi dengan Variasi Faktor Air Semen dan Durasi Perawatan”. 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. Pada hasil pengujian kuat tekan beton, faktor air semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 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 2.3 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.



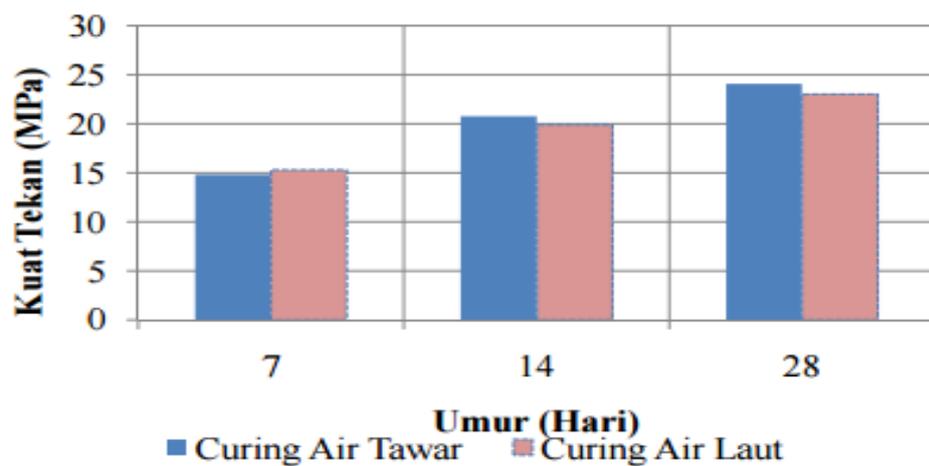
Gambar 2.2 Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen dengan variasi durasi *curing* air laut (Samsyuddin, dkk., 2011)



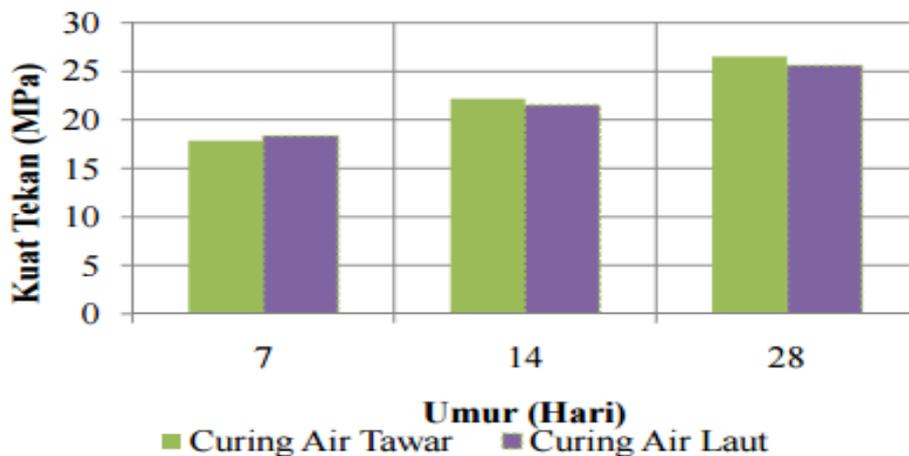
Gambar 2.3 Hubungan antara kuat tekan beton dengan durasi *curing* pada variasi faktor air semen (Samsyuddin, dkk., 2011)

Hunggurami, dkk (2014), meneliti tentang “Pengaruh Masa Perawatan (*Curing*) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton”. Dalam proses pembuatan bangunan di daerah pantai, kontak dengan air laut terkadang tidak dapat dihindari. Ditambah lagi dengan keterbatasan pasokan air tawar ke lokasi proyek membuat penggunaan air laut untuk beberapa pekerjaan beton pun dimungkinkan, salah satunya untuk perawatan (*curing*) beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *curing* air laut terhadap kuat tekan beton dan absorpsi air laut pada beton. Dalam penelitian ini digunakan benda uji beton dengan variasi mutu beton normal yaitu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa dengan durasi *curing* 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada Gambar 2.4 sampai 2.6 dijelaskan bahwa kuat tekan beton yang mengalami *curing* dengan air laut untuk masa *curing* 7 hari untuk mutu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa secara berturut-turut lebih tinggi 3,18%, 2,65%, dan 1,74% dari pada beton yang mengalami *curing* dengan air tawar, sedangkan untuk masa *curing* 14 hari kuat tekan beton yang mengalami *curing* dengan air laut untuk mutu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa secara berturut-turut lebih rendah 4,09%, 2,98%, dan 1,12% dari pada beton yang mengalami *curing* dengan air tawar, dan untuk masa *curing* 28 hari kuat tekan beton yang mengalami *curing* dengan air laut untuk mutu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa secara berturut-turut lebih rendah 4,31%, 3,56%, dan 2,85% dari pada beton yang mengalami *curing* dengan air tawar. Perbedaan kuat tekan antara beton

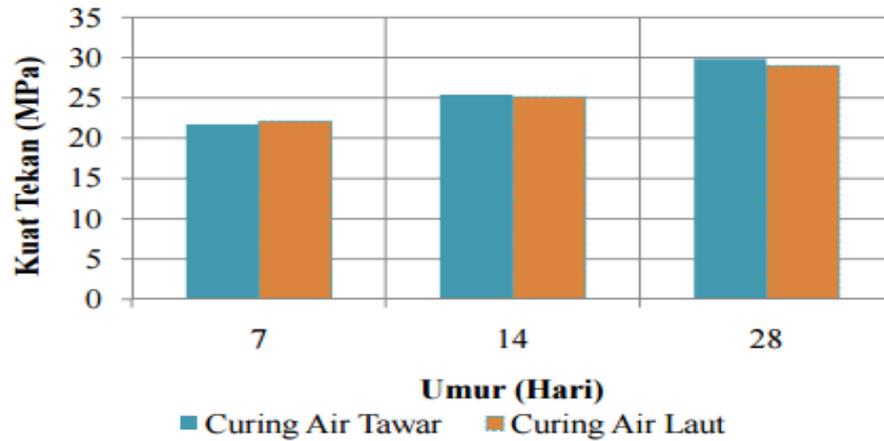
yang mengalami *curing* dengan air tawar semakin kecil dengan beton yang mengalami perawatan dengan air laut. Untuk mengetahui hubungan antara penurunan kuat tekan beton yang mengalami *curing* dengan air laut terhadap beton yang mengalami *curing* dengan air tawar pada umur 28 hari maka dapat dibuat suatu model menggunakan analisis regresi. Dari Gambar 2.7 diperoleh persamaan $y = -0,1466x + 7,2376$ yang bisa digunakan untuk memberikan hubungan antara mutu beton sebagai variabel x dan presentase penurunan kuat tekan beton yang mengalami *curing* dengan air laut terhadap yang mengalami *curing* dengan air tawar sebagai variabel y .



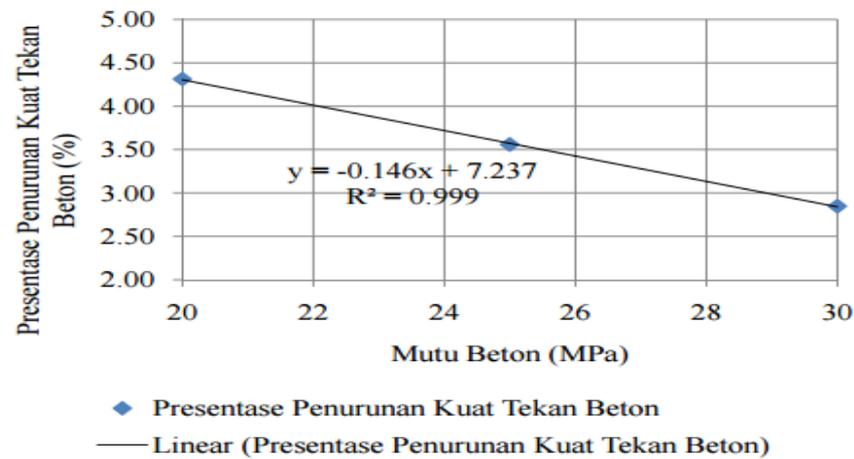
Gambar 2.4 Kuat tekan beton $f_{cr} = 20$ MPa (Hunggurami, dkk., 2014)



Gambar 2.5 Kuat tekan beton $f_{cr} = 25$ MPa (Hunggurami, dkk., 2014)



Gambar 2.6 Kuat tekan beton $f_{cr} = 20$ MPa (Hunggurami, dkk., 2014)



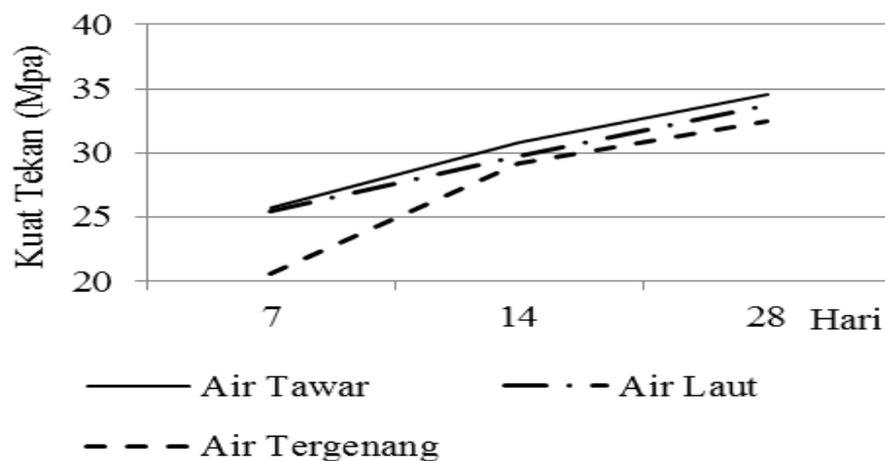
Gambar 2.7 Model penurunan kuat tekan beton terhadap beton yang mengalami *curing* dengan air laut (Hunggurami, dkk., 2014)

Hendriyani, dkk (2016) meneliti tentang “Pengaruh jenis Air pada Perawatan Beton terhadap Kuat Tekan”. Perawatan beton yang baik umumnya menggunakan air bersih tetapi proses ini akan mendapat kendala manakala lokasi pembuatan beton di daerah pantai yang sulit terjangkau air bersih, yang akhirnya dalam proses perawatan beton di daerah pantai, proses perendaman dengan air laut dan air tergenang di sekitaran lokasi pun sering digunakan sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Penelitian ini menggunakan air tawar, air laut dan air tergenang pada perawatan beton untuk masa perawatan 7, 14 dan 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari kuat tekan beton yang terendam dengan air tawar pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dari pada beton yang terendam di air laut dan air tergenang, sedangkan untuk beton umur 7 hari yang terendam

di air tergenang menghasilkan kuat tekan rata-rata yang rendah daripada kuat tekan beton yang dihasilkan beton yang terendam di air tawar dan air laut. Pada beton umur 14 hari dan 28 hari yang terendam di air tawar, air laut dan air tergenang menunjukkan semakin tinggi mutu beton maka perbedaan kuat tekan antara beton yang mengalami perawatan dengan air tawar semakin kecil dengan beton yang terendam di air laut dan air tergenang. Artinya pengaruh perawatan beton terhadap nilai kuat tekan adalah semakin baik perawatan beton maka nilai kuat tekan semakin tinggi dan sebaiknya jika perawatan beton tersebut kurang, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan akan berkurang. Hasil uji tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.5 grafik perbandingan uji tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.8.

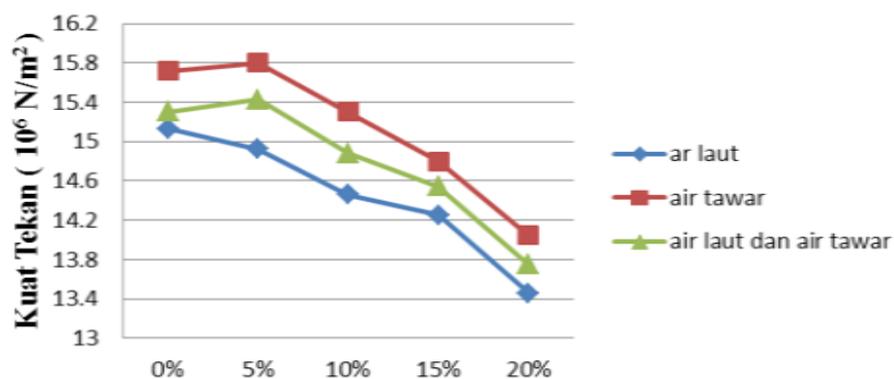
Tabel 2.5 Hasil uji tekan beton dengan 3 jenis air (Hendriyani, dkk., 2016)

No	Jenis air	Hasil uji tekan dengan variasi umur (MPa)		
		7	14	28
1	Air tawar	25,7	30,8	34,6
2	Air laut	25,5	29,7	33,7
3	Air tergenang	20,6	29	32,5



Gambar 2.8 Perbandingan kuat tekan beton normal dengan jenis air berbeda pada perawatan beton (Hendriyani, dkk., 2016)

Simamora, dkk (2014) meneliti tentang “Pengaruh Perendaman Air Laut dan Air Tawar terhadap Karakteristik Beton Campuran Serbuk Kulit Kerang”. Beton dibuat berbentuk kubus, pada penelitian ini perencanaan campuran beton yang akan dibuat adalah semen, pasir, kerikil dan air yaitu 1 : 2 : 3 : 0,5. Dari hasil pengujian mekanik yaitu kuat tekan beton diperoleh hasil terbaik pada komposisi 5% serbuk kulit kerang yaitu $15,80 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada perendaman air tawar, sedangkan hasil uji tekan pada beton normal diperoleh $15,17 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada perendaman air tawar. Hasil pengujian daya serap air pada beton diperoleh hasil terbaik pada komposisi 20% serbuk kulit kerang yaitu 0,83% pada perendaman air tawar, 1,20% pada perendaman air laut, 0,98% pada perendaman air laut dan air tawar, sedangkan hasil pengujian daya serap air pada beton normal diperoleh 1,88% pada perendaman air tawar, 1,84% pada perendaman air laut, 1,93% pada perendaman air laut dan air tawar. Hasil pengujian daya tahan api menunjukkan bahwa keretakan beton tertinggi terjadi pada beton campuran 20% serbuk kulit kerang yang direndam pada air laut selama 14 hari. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar penambahan serbuk kulit kerang sebagai pengganti semen pada beton dapat menurunkan kuat tekan dan daya serap air serta ketahanannya terhadap api, hasil pengujian mekanik yaitu kuat tekan beton yang tertinggi adalah beton variasi 5% serbuk kulit kerang sedangkan pengujian penyerapan air terendah adalah pada beton variasi 20%, yang diuji setelah perendaman selama 14 hari.



Gambar 2.9 Hubungan kuat tekan beton campuran serbuk kulit kerang Simamora, dkk (2014)