

POROSITAS, KOROSI DAN KUAT LEKAT TULANGAN BETON MUTU TINGGI DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA CURING AIR LAUT DAN AIR TAWAR

Galuh Chrismaningwang⁽¹⁾, Wibowo⁽²⁾, Muchamad Hadiyanto⁽³⁾

^{1),2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. e-mail : emhadiy_consult@yahoo.co.id

Abstract

As an archipelago, some of the region of Indonesia is directly adjacent to the sea. Construction of buildings that are in aggressive environment such as in coastal regions or at the middle of sea can bring adverse effects to concrete because the environment contains many chemical that are reactive to the elements contained in the concrete so that the concrete is readily disintegration or brittle. The use of rice husk ash as material add contains a lot of Silica in Crystalline shaped (Quartz and Oval) with a density of approximately 2.21 gr/cm^3 . By the nature of the chemical and physical, the use of rice husk ash (SiO_2) reacts with Calcium Hydroxide (Ca(OH)_2) can reduce the concrete pores thereby increasing resistance of Chloride and Sulfate attacking in sea water.

The variables used were the dependent variable is the use of rice husk ash as much as 15% by weight of cements. Testing is done by looking for levels of pores, corrosion rate and bonding strength of concrete. The test object shaped cube $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$, the cylinder diameter of 5 cm and 30 cm high with a fitted steel diameter 10 mm plain, each curing in fresh water amounted to 6 cylinders and sea water amounted to 6 cylinders were then tested on the concrete 28 days with machine of Universal Testing Machine.

Results Levels of porous concrete samples were curing average in fresh water result is greater (19.98%) of the concrete samples were curing in sea water (4.95%). Steel corrosion rate average on concrete samples were curing in sea water the result is greater $4.337 \times 10^{-2} \text{ mm/year}$ corrosion rate of the steel for concrete samples were curing in fresh water that is $1.883 \times 10^{-2} \text{ mm/year}$. Bonding strength average concrete samples were curing in fresh water results are almost as large as the concrete samples were curing in sea water which amounted to 3891.86 Kg/cm^2 and 4056.03 Kg/cm^2 . The use of mineral materials-added or Pozzolan such as rice husk ash did not affect the bonding strength of concrete.

Keywords : High Strength Concrete, Sea Water, Fresh Water, Rice Husk Ash, Porosity, Corrosion Rate and Bonding Strength.

Abstraks

Indonesia sebagai negara kepulauan, beberapa wilayahnya berbatasan langsung dengan laut. Konstruksi bangunan yang berada di dalam lingkungan yang agresif seperti di daerah pesisir pantai ataupun di tengah laut dapat membawa dampak buruk terhadap beton karena di lingkungan tersebut banyak mengandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur-unsur yang terkandung dalam beton sehingga beton dengan mudah mengalami disintegrasi/ rapuh. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah banyak mengandung Silika yang sangat tinggi berbentuk kristalin (*quartz* dan *opal*) dengan kerapatan sekitar $2,21 \text{ gr/cm}^3$. Dengan sifat-sifat kimia dan fisik tersebut, penggunaan abu sekam padi (SiO_2) bereaksi dengan *Kalsium Hidroksida* (Ca(OH)_2) dapat mengurangi kadar pori dalam beton, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap serangan *Chlorida* dan *Sulfat* pada air laut.

Variabel yang digunakan adalah variabel terikat yaitu penggunaan abu sekam padi sebesar 15% dari berat semen. Pengujian dilakukan dengan mencari kadar pori, laju korosi dan kuat lekat beton. Benda uji berbentuk Kubus $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$, silinder diameter 5 cm dan tinggi 30 cm dengan dipasang baja diameter 10 mm polos, masing-masing direndam dalam air tawar berjumlah 6 silinder dan di air laut berjumlah 6 silinder kemudian diuji pada umur beton 28 hari dengan mesin *Universal Testing Machine*.

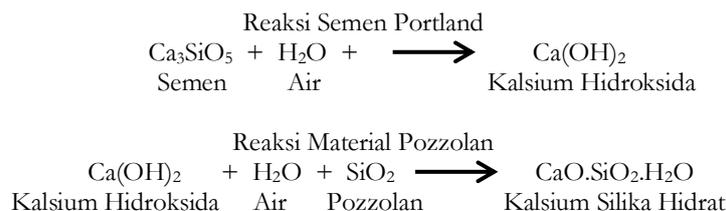
Hasil Kadar pori sampel beton rata-rata yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya lebih besar (19,98%) dari pada sampel beton yang direndam di air laut (4,95%). Laju korosi baja rata-rata pada sampel beton yang direndam (*curing*) di air laut hasilnya lebih besar yakni $4,337 \times 10^{-2} \text{ mm/Tahun}$ dari pada laju korosi baja untuk sampel beton yang direndam di air tawar yaitu $1,8831 \times 10^{-2} \text{ mm/Tahun}$. Kuat lekat rata-rata sampel beton yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya hampir sama besar dengan sampel beton yang direndam di air laut yakni sebesar $3891,86 \text{ Kg/cm}^2$ dan $4056,03 \text{ Kg/cm}^2$. Jadi penggunaan bahan mineral tambah/ *pozzolan* berupa abu sekam padi sebesar 15% tidak berpengaruh terhadap nilai kuat lekat tulangan.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Air Laut, Air Tawar, Abu Sekam Padi, Porositas, Laju Korosi dan Kuat Lekat.

PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan yang berada di dalam lingkungan yang agresif seperti di daerah pesisir pantai ataupun di tengah laut dapat membawa dampak buruk terhadap beton itu sendiri karena di lingkungan tersebut banyak mengandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur-unsur yang terkandung dalam beton. Air laut banyak mengandung garam sulfat yang bersifat reaktif yang dapat merusak beton. Hal ini disebabkan karena senyawa dalam air laut seperti *Magnesium Sulfat* bereaksi dengan *Kalsium Hidroksida* dan *Kalsium Alumina Hidrat* yakni senyawa yang dihasilkan saat proses hidrasi (pengerasan beton) akan menghasilkan *Kalsium Sulfoaluminat* yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan muai dan retak pada beton. Kondisi ini akan mengurangi keawetan (*durability*) beton dan untuk dalam jangka waktu yang cukup lama beton akan mengalami keropos dan rapuh.

Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah mineral (*pozzolan*) jika dipakai untuk campuran beton akan menghasilkan senyawa *Kalsium Silika Hidrat* yang mampu mereduksi *Kalsium Hidroksida* (kapur bebas) sehingga beton menjadi lebih melekat kuat dan membantu mengurangi kadar pori dalam beton.



Penggunaan mineral tambah *pozzolan* akan mampu bereaksi dengan kapur bebas (*Kalsium Hidroksida*) yaitu senyawa yang dilepaskan semen saat proses hidrasi (proses pengerasan beton) akan membentuk senyawa baru berupa *Kalsium Silika Hidrat* (Paul Nugraha, Antoni, 2004). *Kalsium Silika Hidrat* ini mempunyai sifat mengikat sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton serta mengurangi porositas beton (Subakti, 1994).

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bahan Mineral Tambah (*Pozzolan*)

Pozzolan adalah Bahan mineral alam yang digunakan untuk menambah agregat ataupun sebagai pengganti semen didalam campuran beton, yang bertujuan untuk memperbaiki maupun menambah kinerja beton. Bahan mineral tambahan umumnya mempunyai senyawa aktif yang bersifat pozzolanik (material *pozzolan*) yang bereaksi dengan kapur bebas (*Kalsium Hidroksida*) yaitu senyawa yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dengan air membentuk senyawa baru berupa *Kalsium Silika Hidrat* yang bersifat mengikat pada reaksi yang lambat dan temperatur yang normal, sehingga efektif untuk pengecoran pada cuaca yang cukup panas (Paul Nugraha, Antoni, 2004). Secara umum komposisi kimia material pozzolan berupa SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 lebih dari 70%, serta syarat fisik material yang halus dan bersifat aktif.

Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi merupakan limbah/ bahan sisa dari proses pengolahan penggilingan padi. Presentase abu sekam padi yang dihasilkan dari penggilingan gabah bisa diperoleh sebesar 20 - 30% dari bobot gabah. Abu sekam padi banyak mengandung Silika yang sangat tinggi yakni *Silika Amorf*. Silika ini berbentuk kristalin (*quartz* dan *opal*) dengan kerapatan sekitar 2,21 gr/cm³ (Harsono, 2002).

Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu dari kinerja utama beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

$$f_c = P/A \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

f_c = Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Porositas

Porositas adalah persentase besarnya ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan.

nilai porositas menurut ASTM C 642-90 dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$\text{Porositas} = \frac{B - C}{B - A} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

A = Berat sampel dalam air, W *Water* (gram)

B = Berat sampel kondisi SSD, W *Saturated Surface Dry* (gram)

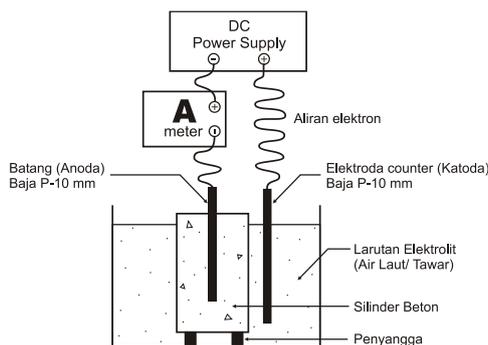
C = Berat sampel kering oven, W *Dry* (gram)

Korosi

Korosi adalah kerusakan atau penurunan mutu sebuah material yang diakibatkan oleh reaksi antara lingkungan dan material itu sendiri. Penyebab dari korosi adalah adanya penetrasi oleh *Ion Klorida* dan karbonasi pada sebuah material (Broomfield, 2007).

Pada permukaan baja yang kehilangan lapisan pasifnya akan memicu munculnya reaksi anoda. Elektron yang dilepaskan dari reaksi anoda menyebabkan gas Oksigen (O_2) dan air (H_2O) pada permukaan baja. Sementara bagian permukaan baja yang masih tertutup oleh lapisan pasif bereaksi menjadi katoda. Kedua ion yang terbentuk pada anoda dan katoda bergabung membentuk senyawa hasil korosi berupa *Ferrum Hidroksida* $Fe(OH)_2$ di permukaan baja tersebut. Jika konsentrasi O_2 tinggi, maka akan terbentuk $Fe(OH)_3$. Kesimpulannya korosi pada tulangan baja dalam beton dapat terjadi jika antara anoda dan katoda terdapat selisih potensial listrik (Broomfield, 1997).

Laju korosi didefinisikan sebagai besarnya kehilangan berat material per satuan waktu/ *millimeter per years (mmpy)*. Pengukuran ini berdasarkan fenomena elektrokimia yakni dengan membuat koneksi ke baja tulangan sesuai standar ASTM C-876.



Gambar 1. Teknik Pengukuran Laju Korosi (CR) Baja

Kuat Lekat Tulangan

Kuat lekat adalah kemampuan baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang mengakibatkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (Winter, 1993).

Untuk menguji kuat lekat/ tegangan lekat bisa digunakan dengan pengujian lolos tarik (*Pull-out Test*) menurut ASTM C234. Sampel yang dipakai berbentuk silinder Diameter 15 cm tinggi 30 cm yang dipasang tulangan berdiameter 10 mm. Kemudian pada umur 28 hari, silinder dengan kepala tulangan ditarik dengan mesin *Universal Testing Machine* dengan metode *Pull-Out Test*.

Untuk menjamin adanya lekatan yang baik antara tulangan baja dan beton, baja harus tertanam didalam beton hingga kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran minimum agar supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari material komposit tersebut (Nawy, 1986) :

- Adhesi gabungan antara elemen beton dan baja tulangan
- Efek *gripping* (memegang) akibat dari penyusutan beton di sekeliling tulangan
- Tahanan gesek (friksi) pada saat tulangan baja mengalami tegangan tarik
- Kualitas beton baik kekuatan tekan maupun kekuatan tarik
- Pengaruh mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu panjang penyaluran, panjang lewatan (*splicing*), bengkakan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan
- Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena akan berpengaruh pada pertumbuhan retak beton
- Profil permukaan tulangan (halus, kasar, ulir).

Keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani T.A., 2005 : 12) :

- Transverse Failure* yaitu adanya retak pada beton arah *transversal*/melintang akibat tegangan tarik yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton.
- Splitting Failure* yaitu adanya retak pada beton arah *longitudinal*/memanjang akibat tegangan radial geser yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja dan beton.
- Pull Out Failure/Slip* yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton.
- Baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan melebihi diikuti oleh kontraksi/pengecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan/ bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.
- Putusnya tulangan apabila penanamannya terlalu panjang.

Pada pola kegagalan cabut (*pull out*), gaya maksimum yang dapat dipikul merupakan sumbangan dari kuat tekan beton. Jika gaya tarik *pull out* yang terjadi terlalu besar maka kelebihan gaya akan dipikul oleh perpanjangan tulangan dengan memasang pengait/ sambungan mekanis seperti diatur dalam SNI 03-2847-2013:12.2.2. Panjang tulangan penyaluran/ pengait (l_d) minimum sebesar :

$$l_d = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} d_b \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

l_d = Panjang Penyaluran Tulangan (mm)

d_b = Diameter Baja Ulir (mm)

Ψ_t = Faktor Lokasi Penulangan

Ψ_e = Faktor Pelapis

Ψ_s = Faktor Diameter Tulangan

λ = Faktor Beton Agregat Ringan

Untuk menjamin lekatan antara baja tulangan dan beton, diperlukan adanya syarat panjang penyaluran, yang ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$f_b = \frac{P}{\pi d l_d} \quad \dots\dots\dots (4)$$

dimana,

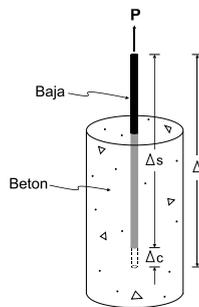
f_b = Kuat lekat/ Tegangan Lekat (N/mm²)

P = Gaya Tarik (N)

l_d = Panjang Penyaluran (mm)

d = Diameter Baja Tulangan (mm)

Adapun tegangan lekat kritis didefinisikan sebagai nilai terkecil dari tegangan lekat yang menghasilkan slip/sesar sebesar 2,5 mm menurut SNI 03-4809-1998 pada ujung yang dibebani.



Gambar 2. Sesar antara Baja dan Beton

Sesar yang terjadi setelah pembebanan adalah

$$\Delta_c = \Delta - \Delta_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana,

Δ_c = Sesar yang terjadi (mm)

Δ = Panjang Total (mm)

Δ_s = Pertambahan Panjang, menurut Young (mm)

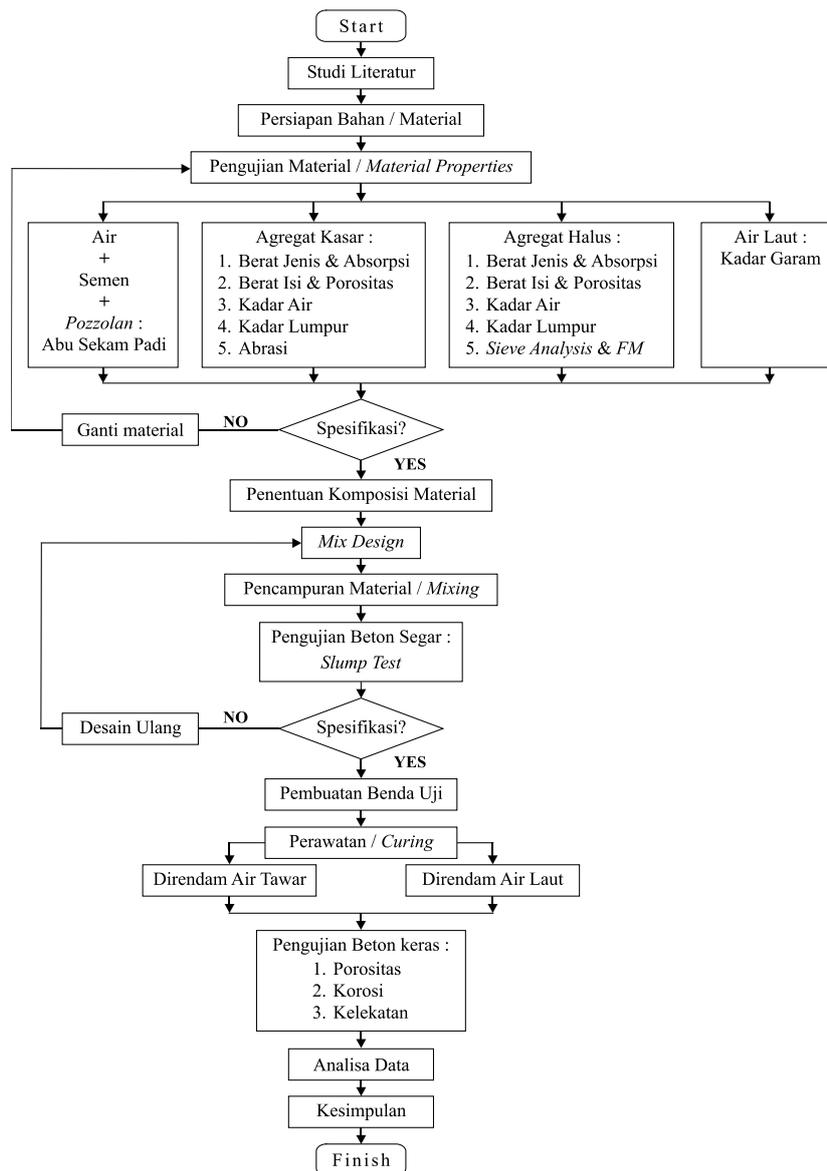
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuat 40 buah benda uji yang terdiri dari kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm sebanyak 12 buah untuk uji porositas, silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 28 buah, yang terdiri dari 12 buah untuk uji korosi, 12 buah untuk uji kuat lekat tulangan dan 4 buah untuk uji kuat tekan. Berikut tabel makro struktur penelitian benda uji :

Tabel 1. Makro Struktur Penelitian Benda Uji

Uji	Benda Uji	Ukuran (cm)	Deskripsi Sampel		Umur (Hari)	Standar	Pengukuran	Alat
			Direndam Air Tawar	Direndam Air Laut				
Porositas	Kubus	5 x 5 x 5	6	6	28	ASTM C 642-90	Kadar Pori (%)	Desicator
Korosi	Silinder	15 x 30	6	6	28	ASTM G1-03	Laju Korosi (mm/Tahun)	Ampere-meter
Lekatan	Silinder	15 x 30	6	6	28	SNI 03-4809-1998	Kuat Lekat (Kg/cm ²)	UTM
Kuat Tekan	Silinder	15 x 30	4	-	28	ASTM C39-86	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	CTM

Tahapan penelitian dan analisi data dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3. dibawah ini.



Gambar. 3. Tahapan dan Prosedur Pengujian

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

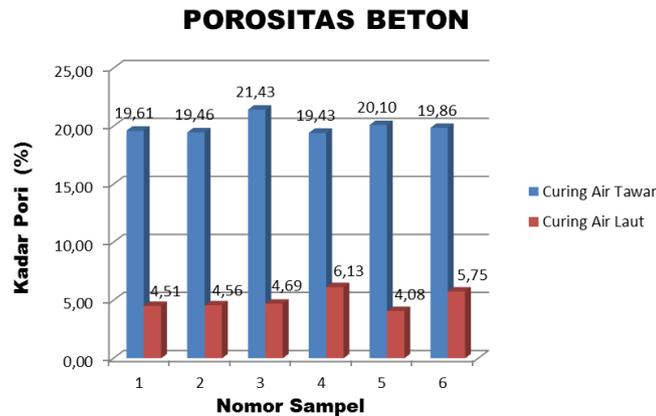
Uji Porositas

Hasil pengujian beton keras pada benda uji kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm pada umur 28 hari dijelaskan pada tabel dibawah ini :
Tabel 2. Hasil Pengujian Porositas Beton

Kode Benda Uji	Curing Air Tawar				
	Nomor	A (gram)	B (gram)	C (gram)	Porositas (%)
PKT	1	163	303,2	275,7	19,61
	2	160	298,2	271,3	19,46
	3	158	302,2	271,3	21,43
	4	157	292,9	266,5	19,43
	5	167	300,8	273,9	20,10
	6	167	308,5	280,4	19,86
	Rata-rata	162	301,0	273,2	19,98
PKL	Curing Air Laut				
	1	138	275,5	269,3	4,51
	2	138	274,0	267,8	4,56
	3	136	270,2	263,9	4,69

4	156	288,7	264,2	6,13
5	150	284,0	265,1	4,08
6	150	285,3	256,5	5,75
Rata-rata	137	271,1	264,5	4,95

Dari hasil data pada Tabel 2. diatas diperoleh grafik perbedaan antara benda uji yang direndam di air tawar dengan benda uji yang direndam di air laut



Gambar 4. Perbandingan Kadar Pori Beton antara yang Direndam Di Air Tawar dan di Air Laut

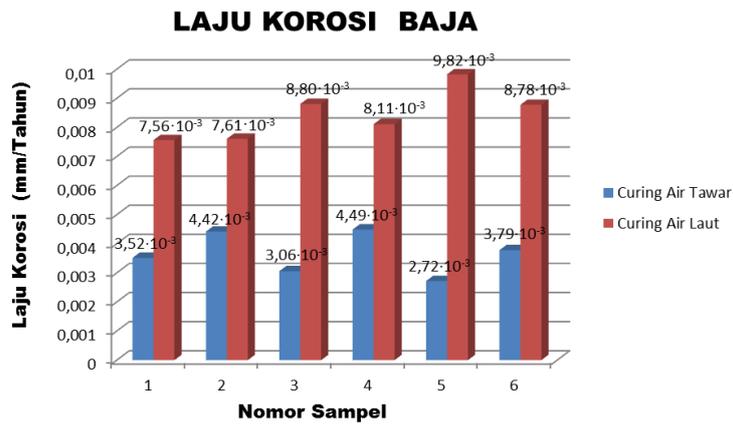
Dari gambar 4 diatas dapat disimpulkan bahwa kadar pori sampel beton rata-rata yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya lebih besar (19,98%) dari pada sampel beton yang direndam di air laut (4,95%). Hal ini membuktikan bahwa bahan mineral tambah berupa *pozzolan* akan mampu bereaksi dengan kapur bebas (*Kalsium Hidroksida*) yaitu senyawa yang dilepaskan semen saat proses hidrasi (proses pengerasan beton) akan membentuk senyawa baru berupa *Kalsium Silika Hidrat*. Senyawa ini mempunyai sifat mengikat sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton serta mengurangi porositas beton.

Uji Korosi

Pengujian laju korosi (*Corossion Rate*) dilakukan selama 28 hari menggunakan Standar ASTM G1-03 yaitu: Berikut hasil lengkap disajikan dalam Tabel 2 dan gambar 5 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Laju Korosi Baja

Kode Benda Uji	Nomor	<i>Curing Air Tawar</i>			
		A (mm ²)	i (Ampere)	I _{corr} (A/mm ²)	Laju Korosi (mm/Tahun)
KST	1	78,54	0,0238	0,00030	3516x10 ⁻³
	2	78,54	0,0299	0,00038	4,417x10 ⁻³
	3	78,54	0,0207	0,00026	3,058x10 ⁻³
	4	78,54	0,0304	0,00039	4,491x10 ⁻³
	5	78,54	0,0184	0,00023	2,718x10 ⁻³
	6	78,54	0,0256	0,00033	3,782x10 ⁻³
	Rata-rata	78,54	0,0248	0,00032	1,8831x10 ⁻²
KSL	<i>Curing Air Laut</i>				
	1	78,54	0,0512	0,00065	7,56x10 ⁻³
	2	78,54	0,0515	0,00066	7,61x10 ⁻³
	3	78,54	0,0596	0,00076	8,80x10 ⁻³
	4	78,54	0,0549	0,00070	8,11x10 ⁻³
	5	78,54	0,0665	0,00085	9,82x10 ⁻³
	6	78,54	0,0594	0,00076	8,78x10 ⁻³
Rata-rata	78,54	0,0572	0,00073	4,337x10 ⁻²	



Gambar 5. Perbandingan Laju Korosi Baja antara yang Direndam di Air Tawar dan di Air Laut

Dari gambar 5 diatas dapat disimpulkan bahwa laju korosi baja rata-rata pada sampel beton yang direndam (*curing*) di air laut hasilnya lebih besar ($4,337 \times 10^{-2}$ mm/Tahun) dari pada laju korosi baja untuk sampel beton yang direndam di air tawar ($1,8831 \times 10^{-2}$ mm/Tahun). Hal ini membuktikan bahwa laju korosi pada tulangan baja dalam beton dapat terjadi jika antara anoda dan katoda terdapat selisih potensial listrik. Pada air laut yang bersifat sangat elektrolit banyak mengandung ion-ion Cl^- yang sangat tinggi daripada air tawar yang mengandung sedikit ion-ion Cl^- .

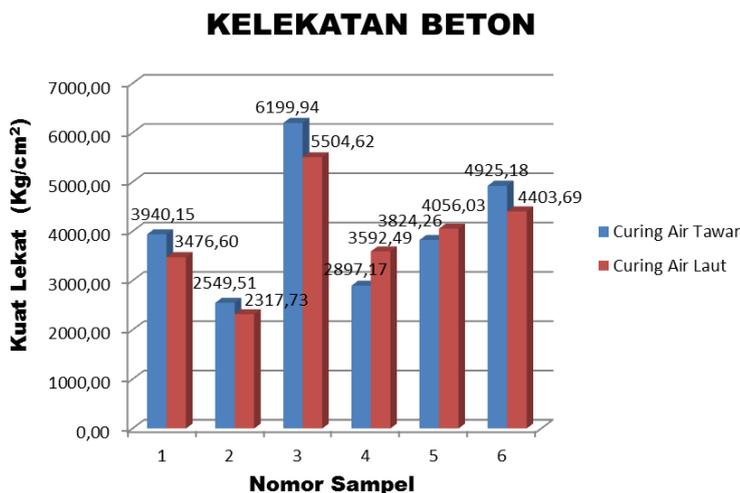
Uji Kuat Lekat

Pengujian kuat lekat beton terhadap baja dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*.

Berikut hasil lengkap disajikan dalam Tabel 3 dan gambar 5 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kelekatn Beton

Kode Benda Uji	Curing Air Tawar				
	Nomor	Keliling (cm)	l_d (cm)	P_{Dial} (Kg)	σ (Kg/cm ²)
LST	1	3,141	18,2	680	3940,15
	2	3,141	18,2	440	2549,51
	3	3,141	18,2	1070	6199,94
	4	3,141	18,2	500	2897,17
	5	3,141	18,2	660	3824,26
	6	3,141	18,2	850	4925,18
	Rata-rata	3,141	18,2	700	4056,03
LSL	<i>Curing Air Laut</i>				
	1	3,141	18,2	600	3476,60
	2	3,141	18,2	400	2317,73
	3	3,141	18,2	950	5504,62
	4	3,141	18,2	620	3592,49
	5	3,141	18,2	700	4056,03
	6	3,141	18,2	760	4403,69
Rata-rata	3,141	18,2	671,67	3891,86	



Gambar 6. Perbandingan Kuat Lekat Beton antara yang Direndam di Air Tawar dengan di Air Laut

Dari gambar 6 diatas dapat disimpulkan bahwa kuat lekat sampel beton rata-rata yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya hampir sama besar yaitu 4056,03 Kg/cm² dengan sampel beton yang direndam di air laut yakni sebesar 3891,86 Kg/cm². Ini berarti penambahan abu sekam padi tidak berpengaruh terhadap nilai kuat lekat beton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kadar pori sampel beton rata-rata yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya lebih besar (19,98%) dari pada sampel beton yang direndam di air laut (4,95%). Hal ini membuktikan bahwa bahan mineral tambah berupa *pozzolan* akan mampu bereaksi dengan kapur bebas (*Kalsium Hidroksida*) yaitu senyawa yang dilepaskan semen saat proses hidrasi (proses pengerasan beton) akan membentuk senyawa baru berupa *Kalsium Silika Hidrat* (Paul Nugraha, Antoni, 2004). Kemudian *Kalsium Silika Hidrat* tersebut akan mempunyai sifat mengikat sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton serta mengurangi porositas beton.
2. Laju korosi baja rata-rata pada sampel beton yang direndam (*curing*) di air laut hasilnya lebih besar yakni $4,337 \times 10^{-2}$ mm/Tahun dari pada laju korosi baja untuk sampel beton yang direndam di air tawar yaitu $1,8831 \times 10^{-2}$ mm/Tahun. Hal ini disebabkan karena korosi pada tulangan baja dalam beton dapat terjadi jika antara anoda dan katoda terdapat selisih potensial listrik. Pada air laut yang bersifat sangat elektrolit banyak mengandung ion-ion Cl⁻ yang sangat tinggi daripada air tawar yang mengandung sedikit ion-ion Cl⁻.
3. Kuat lekat rata-rata sampel beton yang direndam (*curing*) di air tawar hasilnya hampir sama besar dengan sampel beton yang direndam di air laut yakni sebesar 3891,86 Kg/cm² dan 4056,03 Kg/cm² sehingga bisa disimpulkan beton dengan bahan tambah abu sekam padi sebesar 15% tersebut tidak berpengaruh terhadap nilai Kuat lekat Tulangan.

Rekomendasi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran-saran yang berguna pada masa mendatang sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan metode *mix design* yang lain dan kelas beton yang lebih tinggi.
2. Agar tercapai hasil yang lebih optimal pada pengujian korosi dapat dilakukan pengujian pada variasi umur benda uji beton 60 hari hingga 90 hari perendaman.
3. Pada uji kelekatan beton, perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan baja ulir serta ukuran diameter yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.** 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013) Badan Standarisasi Nasional. Jakarta : BSN.
- Achsan Nur cholis.** 2015. Uji Serapan dan Permeabilitas Air Laut pada Beton Mutu Tinggi (*High Strength Concrete*) dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. Laporan Skripsi : UNS.
- ASTM.**1995. *Annual Books of ASTM Standard. C.684, : Concrete and Aggregate, Vol.04.02 p.346–352. Construction.Standard Test Methode for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimen.*Philadelphia-USA : ASTM.
- ASTM C876-91.** 1991. *Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. Vol. 03.02. Current Edition Approved March 11. Steel Corrosion in Concrete.* Philadelphia-USA : ASTM.
- Broomfield, J.P.** 2007. *Corrosion of Steel in Concrete. 2nd Edition.* London : E & FN SPON.
- D. Chopra, R. Siddique, Kunal.** 2014. *Strength, Permeability and Microstructure of Self-compacting Concrete containing Rice Husk Ash.* Research Paper : ScienceDirect.
- Edward G. Nawy, DR.** 1998. *Beton Bertulang : Suatu Pendekatan Dasar, Cetakan Kedua.* Bandung : PT. Refika Aditama.
- Harsono, H.** 2002. *Pembuatan Silika Amorf dan Limbah Sekam Padi, Volume 3 No. 2.* Jurnal Ilmu Dasar.
- Pricillia Mindrasari.** 2014. *Pengaruh Curing Air Laut pada Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Ditinjau dari Kuat Tarik Belah dan Modulus Of Rupture.* Laporan Skripsi : UNS.
- Subakti, A.** 1994. *Teknologi Beton dalam Praktek, Jurusan Teknik Sipil FTSP.Surabaya :* ITS.
- Nugraha, Paul & Antoni.** 2004. *Teknologi Beton, dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi.* Edisi 1. Yogya : Penerbit Andi Offset.
- Nuryani TA.** 2005. *Pengaruh Rasio Tulangan pada Berbagai Mutu Beton terhadap Penguatan Tarik Baja Tulangan Beton Bertulang (Tension Stiffening Effect).* Tesis. Semarang : Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.