

## PENGARUH RENDAMAN AIR ASAM SULFAT PASCA CURING TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh:

<sup>1</sup>Nono Suhana, <sup>2</sup>Ayu Mualifah

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Universitas Wiralodra, Jawa Barat

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Wiralodra, Jawa Barat

### ABSTRAK

*Dalam pemakaian beton pada lingkungan agresif sangat berpengaruh pada keawetan dan nilai kuat tekan beton. Pada penelitian ini direncanakan membuat beton dengan kuat tekan  $f'c$  25 MPa. Dengan tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh rendaman beton air normal PDAM terhadap rendaman pasca curing air asam sulfat pH 4, 5, 6, dan air normal pH 8,11 (PDAM) dan mengetahui nilai pH minimum air yang masih dapat di gunakan sebagai rendaman beton pada beton pasca curing. Penelitian ini merupakan metode eksperimental diwujudkan melalui serangkaian analisis dan pengujian laboratorium terhadap beton yang perendamannya dilakukan dengan dua metode perawatan beton. Pertama, perawatan benda uji pada genangan air netral (PDAM) selama 28 hari. Kedua, pasca perendaman benda uji pada air asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan air normal pH 8,11 (PDAM) dengan lamanya waktu rendaman 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari. Pengujian yang di lakukan yaitu uji kuat tekan beton. Hasil kuat tekan awal pada rendaman air normal PDAM 28 hari yaitu 25,24 MPa, nilai kuat tekan beton terhadap pasca rendaman untuk air netral (PDAM) kuat tekannya meningkat seiring bertambahnya umur beton dengan persentase kenaikan 0,12%, 0,36%, 0,75%. Pada rendaman pasca curing terhadap air asam pH 6 persentase kuat tekannya adalah pada rendaman awal terjadi penurunan 0,28% setelah itu terjadi peningkatan seiring bertambahnya umur beton yaitu 0,41% dan 0,71%. Pasca rendaman terhadap air asam pH 5 Persentase kuat tekannya adalah terjadi penurunan pada awal pasca curing beton adalah 0,64% sedangkan untuk kenaikannya adalah 0,36% pada beton pasca rendaman 28+15 hari walaupun kenaikannya masih di bawah nilai kuat tekan beton rendaman air normal PDAM 28 hari. kuat tekan beton terhadap pasca curing air asam pH 4 nilai kuat tekannya menurun dan penurunan persentase beton untuk pasca rendaman awal beton adalah 1,4% dan penurunan persentase 28+10 hari, 28+15 hari adalah 0,4% dan nilai pH minimum yang dapat digunakan sebagai pasca rendaman beton kondisi air asam terhadap rendaman air normal PDAM adalah pH 6.*

**Kata Kunci:** pH, Kuat Tekan Beton, Waktu Rendaman, Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

### PENDAHULUAN

Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunannya, beton juga mempunyai nilai kuat tekan yang baik. Kekuatan tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Beton dapat di gunakan sebagai infrastruktur kesehatan lingkungan khususnya drainase air kotor dan limbah serta pengolahannya, beton juga digunakan sebagai infrastruktur

untuk penyaluran air waduk dan keperluan irigasi serta beton juga berada di daerah industri dan lingkungan air laut. Sedangkan, pemakaian beton pada lingkungan agresif sangat berpengaruh pada keawatan dan nilai kuat tekan beton.

Struktur beton dapat dikatakan berada pada lingkungan agresif manakala beton terus-menerus berada dalam lingkungan air laut, tanah, dan kawasan industri dimana banyak terkandung sulfat, beton akan menjadi rentan terhadap serangan sulfat yang dapat mengurangi durabilitas beton akibat adanya disintegrasi material-material penyusun beton oleh sulfat yang telah terkontaminasi limbah beberapa bahan kimia yang merusak beton dapat juga berada pada lingkungan atmosfer maupun lingkungan tanah (Stefanus dkk, 2013, dalam Belie 2007). Sementara lingkungan tanah yang terkontaminasi bahan kimia agresif dapat merusak bangunan bawah tanah seperti struktur pondasi, basement, tunnel ataupun bangunan penahan tanah.

Pemakaian struktur beton yang kontak langsung dengan senyawa asam sulfat akan mempengaruhi kualitas kuat tekan beton karena asam sulfat dapat membuat beton menjadi korosi. Korosi sudah dikenal sejak lama dan sangat merugikan. Kata korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat (Supardi, 1997). Terjadinya korosi dapat dipengaruhi oleh temperatur, garam-garam yang terlarut, dan adanya aktivitas mikroorganisme (bakteri). Parameter kimiawi yang mempengaruhi korosifitas air terhadap pembuatan fondasi beton, yaitu pH, CO<sub>2</sub> agresif, amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), magnesium (Mg<sup>+2</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Dari kelima parameter kimia tersebut pH merupakan parameter yang harus diperhatikan dalam penentuan sifat korosifitas air.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan meneliti mengenai seberapa besar kerusakan beton jika pada proses *pasca curing* / pemeliharaan menggunakan air asam dengan kadar pH yang bervariasi yaitu pH 4, 5, 6, dan air normal PDAM serta pengaruh terhadap kuat tekan beton dengan lamanya curing 28 hari serta lamanya waktu *pasca curing* pada air asam dan normal yaitu 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan eksperimental yang diwujudkan melalui serangkaian analisis dan pengujian laboratorium terhadap Beton yang perendamannya dilakukan dua tahap perendaman benda uji. Pertama, perawatan benda uji pada genangan air normal (PDAM) selama 28 hari. Kedua, perendaman benda uji pada air asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan air netral (PDAM).

Penelitian yang akan dilakukan yaitu Objek yang diteliti adalah beton mutu f'c = 25 MPa, dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan diuji *control* yang direndam dengan air normal pH 8,11 (PDAM) dan pasca rendaman air asam sulfat dengan variasi pH 4, 5, 6 dan air normal pH 8,11 (PDAM). Diuji kuat tekan beton pada lamanya waktu pasca rendaman 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari.

Benda Uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang diuji pada saat *pasca curing*/ perawatan berdasarkan variasi asam sulfat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yaitu pH : 4, 5, 6, serta air normal (PDAM) dan dan waktu *pasca* perendaman.

### Tahapan Pembuatan Campuran Beton

Sebelum melakukan proses pembuatan campuran beton ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu pengujian material dan persiapan alat yang digunakan dalam proses campuran beton. Setelah itu dilakukan perhitungan rencana campuran beton.

### **Pengujian Material**

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian material yang tata cara pemeriksaannya disesuaikan dengan ketentuan dan prosedur standar SK SNI-T15-1990-03.

Adapun bahan utama pembentuk beton yang digunakan adalah:

- a. Agregat kasar
- b. Agregat halus
- c. Semen tipe I
- d. Asam Sulfat  $H_2SO_4$
- e. Air (PDAM)

### **Alat-alat**

Alat yang digunakan untuk pembuatan campuran beton antara lain adalah: Ayakan dan mesin penggetar, meja sebar, oven, cetakan beton berbentuk silinder, mesin uji kuat tekan, gelas ukur, kerucut Abrams, bejana baja, timbangan, ember, sikat, pH meter, dan slump.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Uji Saringan Agregat Halus**

Hasil uji saringan agregat halus dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1**  
**Hasil Uji Saringan Agregat Halus**

Saringan		Jumlah Berat		Jumlah Persen	
Inc	M	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lewat
(3/8")	10	5	5	0,24	99,76
No.4	4.8	19	24	1,13	98,63
No.8	2.4	26	50	2,36	97,40
No.16	1.2	203	253	11,96	87,80
No.30	0.6	1075	1328	62,79	36,97
No.50	0.3	359	1687	79,76	20,00
No.100	0.15	296	1983	93,76	6,00
No.200	0.075	17	2000	94,56	5,20
PAN		115			

Sumber : Hasil Uji Analisa Saringan, 2015

Dari hasil pengujian agregat halus yang diperoleh pada tabel 1 selanjutnya dilakukan perbandingan grafik untuk mengetahui kelayakan agregat halus yang diuji, sebagai material penyusun beton yang diisyaratkan.

### **Uji Saringan Agregat Kasar**

Adapun hasil dari uji saringan agregat kasar dapat di lihat dalam Tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2**  
**Hasil Uji Saringan Agregat Kasar**

Saringan		Berat	Jumlah berat	Jumlah (%)	
Inci	mm	Tertahan (gr)	Tertahan (gr)	Tertahan	Lewat
1 1/2"	38	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	67	67	4,55	95,45
3/8"	10	764	909	61,75	38,25
No. 4	4,8	606	1472	100	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan Analisa Saringan, 2015

Modulus Halus Butir (MHB) suatu indeks untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir agregat. Dapat di lihat pada Tabel 3

**Tabel 3**  
**MHB Agregat Kasar**

Ayakan		Berat Tertinggal		
Inc	mm	Agregat Kasar	Persen (%)	Kumulatif
1 1/2"	38	0,00	0,00	0,00
3/4"	19	67,00	4,55	4,55
3/8"	10	842,00	57,20	61,75
No. 4	4.8	563,00	38,25	100,00
No. 8	2.4	0,00	0,00	100,00
No. 16	1.2	0,00	0,00	100,00
No. 30	0.6	0,00	0,00	100,00
No. 50	0.3	0,00	0,00	100,00
No. 100	0.15	0,00	0,00	100,00
Sisa		0,00	0,00	-
Jumlah		1472	100	666,30
Modulus Halus Butir (MHB)				6,7

Sumber : Hasil Perhitungan MHB agregat halus, 2015

Berdasarkan Tabel 3 di atas didapat Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar sebesar 6,7 sedangkan syarat MHB agregat halus menurut SII 0052 adalah 5- 8. Sehingga dapat di simpulkan bahwa hasil penelitian tersebut masih termasuk kedalam Syarat MHB agregat kasar.

#### **Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air**

##### **Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan Agregat Kasar**

Pada hasil uji penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.7 Sehingga hasil berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebesar 2,64 dan 2,67 %. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebesar 2,53 dan 5,49 %. Hasil perhitungan uji berat jenis dan penyerapan ini di gunakan untuk perencanaan campuran beton.

#### **Uji Keausan Agregat**

Untuk pengujian keausan agregat benda uji dibuat 1 (satu) sampel, didapatkan berat tertahan pada saringan no. 6,35 (1/4") dan tertahan no. 4,75 (No.4) masing-

masing seberat 2500 gram. Sehingga total 5000 gram dari semua sampel. Dari hasil saringan tersebut dimasukkan mesin abrasi Los Angeles dengan 500 putaran didapatkan hasil yang tertahan yaitu 3961 gram, hasil tersebut didapat setelah disaring dengan saringan no.12. Hasil perhitungan uji keausan sebesar 27.38 % dengan perhitungan sebagai campuran kuat tekan beton.

### **Perhitungan Rencana Campuran Beton**

Menentukan Kuat Tekan yang disyaratkan untuk merencanakan campuran beton langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan kuat tekan yang disyaratkan, karena rancangan campuran beton merupakan suatu teknik untuk mendapatkan kepastian tentang kekuatan tekan campuran beton yang akan dicapai. Biasanya yang menjadi pada saat pemadatan. Pembuatan benda uji dilakukan setelah proses pencampuran selesai, beton segar dimasukan kedalam cetakan.

Dalam penelitian beton tahapan awal yang harus dilakukan yaitu perhitungan campuran bahan-bahan penyusun beton, dalam penelitian ini derencanakan akan membuat beton dengan kuat tekan  $f^c = 25$  MPa, dengan dua metode perawatan beton pertama, perawatan benda uji pada genangan air normal (PDAM) selama 28 hari. Kedua, perendaman benda uji pada air asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan air normal PDAM selama 28+5 hari, 28+10 hari, 28+15 hari. Dalam perhitungan campuran ini deviasi standar ditentukan dengan nilai 4,2 dengan melihat lampiran 1 tabel 1. Sedangkan nilai margin didapat dari hasil pengalihan antara nilai k, deviasi standar dan faktor pengali deviasi standar bila benda uji kurang dari 30 yaitu dengan melihat lampiran 1 tabel 2, untuk kekuatan rata-rata yang ditargetkan didapat dari penambahan kuat tekan yang disyaratkan dan nilai tambah (margin), semen yang digunakan yaitu semen Portland type 1 (Tiga Roda).

Jenis agregat yang dipakai yaitu agregat halus dari hasil alami dan agregat kasar dari hasil pecahan, faktor air semen bebas didapat dari menentukan umur 28 hari dan kuat tekan yang ditentukan yaitu  $f^c = 25$  MPa dengan menggunakan lampiran 2 tabel 3 didapat 37 MPa yang kemudian menarik garis tegak lurus pada grafik (2.8) dengan FAS 0,50 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan dan menarik garis mendatar dari kuat tekan, kemudian membuat kurva baru dan menarik garis mendatar untuk kuat tekan yang ditargetkan 32,99 MPa kemudian menarik garis kebawah dan didapat 0,54. Faktor air semen maksimum didapat dari lampiran 2 tabel 4 yaitu 0,6 untuk slump ditentukan dengan nilai 60-180 mm, ukuran agregat maksimum 20 mm didapat dari hasil pengeplotan grafik, kadar air bebas didapat 205 kg/m<sup>3</sup>, kemudian dihitung dengan 2/3 agregat halus ditambah 1/3 agregat kasar dikarenakan agregat alami dan pecah. Jumlah semen didapat dengan membagi kadar air bebas dengan faktor air semen maksimum didapatkan 394,23 kg/m<sup>3</sup>, jumlah semen minimum didapat dari lampiran 2 tabel 4 yaitu 325 kg/m<sup>3</sup>, faktor air semen disesuaikan sama dengan nilai faktor air semen bebas, susunan butir agregat halus didapatkan dari hasil pengeplotan agregat halus ke dalam grafik dan agregat halus masuk dalam daerah gradasi butir II dan untuk susunan butir agregat kasar atau gabungan masuk pada grafik zona A dan B, persen agregat halus didapat 44% hasil dari perhitungan MHB, berat jenis relatif didapat 2,59 hasil dari rata-rata berat jenis agregat halus dan agregat kasar. Berat isi beton didapat dari grafik (2.9) yaitu dengan cara menarik garis sejajar kemudian menarik garis tegak lurus dengan nilai kadar air bebas dan menarik garis mendatar dan

didapat  $2380 \text{ kg/m}^3$ , kadar agregat didapat dari hasil pengurangan berat isi beton dikurangi jumlah semen dikurangi kadar air bebas didapatkan hasil  $1795,37 \text{ kg/m}^3$ , kadar agregat halus didapat dari hasil pengalihan persentase agregat halus dikalikan kadar agregat gabungan dan menghasilkan  $789,96 \text{ kg/m}^3$  dan kadar agregat kasar didapatkan dari hasil pengurangan antara kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus didapatkan  $1005,4 \text{ kg/m}^3$ . Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran tinggi 300 mm diameter 150 mm untuk beton dengan mutu karakteristik  $f'c=25 \text{ MPa}$ , dari perhitungan  $1 \text{ M}^3$ . Dengan kebutuhan tiap-tiap material bahan campuran beton untuk 3 sampel didapatkan pasir 8,39 kg, Split/kerikil 9,95 kg, semen 3,80 kg dan air 1,663 liter. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 8

**Tabel 4**  
**Job Mix**

No	Kebutuhan	Pasir	Split	Semen	Air
		(kg)	(kg)	(kg)	(liter)
1	1 m <sup>3</sup>	839,16	994,87	379,63	166,34
2	3 Sampel	8,39	9,95	3,80	1,66

## HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

### Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Normal (PDAM)

Pada rendaman 28 hari air normal pH 8,11 (PDAM) terhadap lamanya waktu pasca rendaman 28+5 hari, 28+10 hari, 28+15 hari beton tidak mengalami kerusakan, sehingga dalam tampak visual beton masih terlihat dalam keadaan baik, dan hasil pengujian kuat tekan beton rendaman air normal (PDAM).

**Tabel 5**  
**Rendaman air normal (PDAM)**

No Sampel	Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Normal (MPa)			
	28 hari	28+5 Hari	28+10 Hari	28+15 Hari
1	25,00	24,89	24,89	24,89
2	25,00	25,45	25,45	25,17
3	25,71	25,45	25,74	26,56
Rata-rata	25,24	25,27	25,36	25,55

### Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Sulfat pH 4

**Tabel 6**  
**Rendaman air Asam pH 4**

No Sampel	Umur 28 Hari	Kuat Tekan Pasca Rendaman pH4 (MPa)		
		28+5 Hari	28+10 Hari	28+15 Hari
1	25,00	24,61	24,32	24,61
2	25,00	24,89	24,61	24,61
3	25,71	25,17	25,45	25,17
Rata-rata	25,24	24,89	24,79	24,79

Pada penelitian ini sebelumnya beton di rendam dengan air normal PDAM selama 28 hari. Setelah itu, pada pasca perendaman beton menggunakan air Asam Sulfat pH 4. Beton secara fisik yang direndam dengan air pH 4 tidak mengalami kerusakan baik retak-retak maupun terjadi perubahan warna pada beton, sehingga beton pada rendaman ini masih dalam keadaan baik.

### Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Sulfat pH 5

**Tabel 7**  
**Rendaman air Asam pH 5**

No Sampel	Umur 28 Hari	Kuat Tekan Pasca Rendaman pH5 (MPa)		
		28+5 Hari	28+10 Hari	28+15 Hari
1	25,00	24,61	24,61	24,32
2	25,00	25,17	24,89	25,45
3	25,71	25,45	25,74	25,74
Rata-rata	25,24	25,08	25,08	25,17

Pada penelitian ini sebelumnya beton di rendam dengan air normal PDAM selama 28 hari. Setelah itu, pada pasca perendaman beton menggunakan air Asam Sulfat pH 5. Pada tampak visual beton yang direndam dengan pH 5 tidak mengalami kerusakan sama dengan beton yang di rendam dengan pH 4, beton masih dalam kualitas yang baik secara fisik.

### Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Sulfat pH 6

Pada penelitian ini sebelumnya beton di rendam dengan air normal PDAM selama 28 hari. Setelah itu, pada pasca perendaman beton menggunakan air Asam Sulfat pH 6. Sama dengan hasil visual pasca rendaman menggunakan pH 4 dan 5 pada pasca rendaman air asam pH 6 tidak mengalami kerusakan secara fisik.

**Tabel 8**  
**Rendaman air Asam pH 6**

No Sampel	Umur 28 Hari	Kuat Tekan Pasca Rendaman pH4 (MPa)		
		28+5 Hari	28+10 Hari	28+15 Hari
1	25,00	24,61	24,61	25,17
2	25,00	24,89	25,17	25,45
3	25,71	26,02	26,02	25,74
Rata-rata	25,24	25,17	25,27	25,45

### Perbandingan Kuat Tekan Pasca Rendaman Air Normal (PDAM) dan Air Asam

Pada penelitian ini didapatkan beberapa hasil kuat tekan berdasarkan masing – masing rendaman air asam pH 4, 5, 6 dan air normal (PDAM). Untuk setiap umur pengujian telah di uji sebanyak 3 (tiga) sample uji dari setiap rendaman. Dari ketiga

sampel tersebut di dapatkan hasil rata – rata kuat tekan yang paling tinggi menggunakan air normal PDAM, lalu pH 6, pH 5, dan pH 4. Kuat tekan beton pada umur 28+5 hari untuk rendaman pasca curing air netral (PDAM) sebesar 25,27 MPa, pada rendaman pasca curing air asam pH 6 terjadi penurunan 0,40 % sebesar 25,17 MPa dari nilai kuat tekan air normal (PDAM), pada rendaman pasca curing pH 5 sebesar 25,08 MPa penurunnya sebesar 0,36% dari rendaman pasca curing air pH 6, dan untuk rendaman pasca curing pH 4 adalah 24,89 MPa penurunnya sebesar 0,76% dari rendaman pasca curing pH5 .

Kuat tekan beton pada umur 28+10 hari untuk rendaman pasca curing air normal (PDAM) sebesar 25,36 MPa, pada rendaman pasca curing air asam pH 6 terjadi penurunan 0,35 % sebesar 25,27 MPa dari nilai kuat tekan air normal (PDAM), pada rendaman pasca curing pH 5 sebesar 25,08 MPa penurunnya sebesar 0,75 % dari rendaman pasca curing air pH 6, dan untuk rendaman pasca curing pH 4 adalah 24,79 MPa penurunnya sebesar 1,16% dari rendaman pasca curing pH 5.

Kuat tekan beton pada umur 28+15 hari untuk rendaman pasca curing air normal (PDAM) sebesar 25,55 MPa, pada rendaman pasca curing air asam pH 6 terjadi penurunan 0,39 % sebesar 25,45 MPa dari nilai kuat tekan air normal (PDAM), pada rendaman pasca curing pH 5 sebesar 25,17 MPa penurunnya sebesar 1,10 % dari rendaman pasca curing air pH 6, dan untuk rendaman pasca curing pH 4 adalah 24,79 MPa penurunnya sebesar 1,51 % dari rendaman pasca curing pH 5.

Dari pengujian kuat tekan beton di gambarkan berdasarkan lamanya waktu rendaman serta kadar keasaman (pH) air untuk pasca rendaman beton. Hasil dari kuat tekan Grafik 5.6 dapat di ketahui pH minimum yang dapat di gunakan sebagai pasca rendaman beton dengan lamanya waktu rendaman 28 hari. Terhadap kuat tekan pasca rendaman pH 4, pH 5, pH 6, dan air normal PDAM dengan lamanya waktu rendaman 28+5 hari, 28+10 hari, 28+15 hari. menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata di atas kuat tekan rendaman 28 hari air normal PDAM adalah pada pasca rendaman air normal PDAM dan pH 6 pada waktu rendaman 28+15 hari. sedangkan untuk kuat tekan rata-rata di bawah kuat tekan rendaman 28 hari air normal PDAM adalah pH 4 dan pH 5. Sehingga pH minimum air yang masih dapat digunakan sebagai rendaman beton pada beton *pasca curing* yang terlihat dari grafik di atas adalah pH 6.

## KESIMPULAN

Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Nilai kuat tekan beton rendaman air normal pH 8,11 PDAM dengan waktu rendaman 28 hari nilai kuat tekannya adalah 25,24 MPa terhadap pasca rendaman untuk air normal (PDAM) pada umur rendaman beton 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari kuat tekannya adalah 25,27 MPa, 25,36 MPa, dan 25,55 MPa dengan kenaikan persentase kuat tekan betonnya adalah 0,12%, 0,36%, dan 0,75%. Pada rendaman *pasca curing* terhadap air asam pH 6 umur rendaman 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari, nilai kuat tekan betonnya adalah 25,17 MPa, 25,27 MPa, dan 25,45 MPa dengan persentase kuat tekannya adalah pada rendaman awal terjadi penurunan 0,28% setelah itu terjadi peningkatan seiring bertambahnya umur beton yaitu 0,41% dan 0,71%. Untuk Pasca rendaman terhadap air asam pH 5 selama 28+5 hari, 28+10 hari dan 28+15 hari, nilai kuat tekannya adalah 25,08 MPa, 25,08 MPa

dan 25,17 MPa. Persentase kuat tekannya adalah terjadi penurunan pada awal pasca curing beton adalah 0,64% sedangkan untuk kenaikannya adalah 0,36% pada beton pasca rendaman 28+15 hari walaupun kenaikannya masih di bawah nilai kuat tekan beton rendaman air normal PDAM 28 hari. Dan kuat tekan beton terhadap *pasca curing* air asam pH 4 pada pasca umur beton 28+5 hari, 28+10 hari, dan 28+15 hari kuat tekan betonnya adalah 24,89 MPa, 24,79 MPa dan 24,79 MPa. Penurunan persentase beton untuk pasca rendaman awal beton adalah 1,4% dan penurunan persentase 28+10 hari, 28+15 hari adalah 0,4%.

- 2) Nilai pH minimum yang dapat digunakan sebagai pasca rendaman beton kondisi air asam terhadap beton rendaman 28 hari air normal PDAM adalah pH 6.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Irza. 2011. "*Analisis Perbedaan Kuat Tekan Beton Tambahan Abu Terbang Dengan Beton Normal Yang Direndam Dalam Asam Sulfat Untuk Beton Mutu Rendah*". Program Studi Teknik Sipil Universitas Wiralodra.
- Amri, Sjafei. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta.
- Arikunto, Suharsimi. 1992. *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktik)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Standarisasi Nasional. "*Cara Uji Berat Jenis Air Agregat Halus*". SNI 1970:2008.
- Badan Standarisasi Nasional. "*Cara Uji Berat Jenis Air Agregat Kasar*". SNI 1969:2008.
- Badan Standarisasi Nasional. "*Cara Uji Keausan Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*". SNI 2417:2008.
- Badan Standarisasi Nasional. "*Cara Uji Slump Beton*". SNI 1972:2008.
- Badan Standarisasi Nasional, "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*", SNI 03-2834:2000, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, "*Tata Cara Pengambilan Contoh Agregat*", SNI 03-6889:2002.
- Badan Standarisasi Nasional, "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*", SNI 03-2847:2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, "*Berat isi Agregat*", PB-0204-76, DPU Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum, "*Peraturan Beton Bertulang Indonesia*", 1971, DPU Ciptakarya.
- Departemen Pekerjaan Umum, "*Petunjuk Pelaksanaan Beton*", 1982, DPU DPU Bina Marga.
- I Putu Laintarawan, I Nyoman Suta Widyana, I Wayan Artana. 2009. *Konstruksi Beton I*. Denpasar: Buku Ajar Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia.

- Nugraha, P dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Prasetyo Donny Putra. 2014. “Perbandingan Pemakaian Air Kapur Dan Air Tawar Serta Pengaruh Perendaman Air Garam Dan Air Sulfat Terhadap Durabilitas High Volume Fly Ash Concrete” *Surakarta: Skripsi Universitas Muhammadiyah*.
- Ridwan. 2011. *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta
- Stefanus A Kristiawan, Fatkulloh, dan Kartika Adrianingtyas. 2013. “Resistensi Beton Memadat Mandiri Yang Mengandung Fly Ash Tinggi Terhadap Serangan Asam Sulfat”. *Jurnal Universitas Sebelas Maret*.
- Sutresna, Nana. 2007. *Kimia (Untuk Kelas XI Program IPA)*. Bandung.
- Tri Mulyono. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset