

Tinjauan Nilai Kuat Beton Menggunakan Air Laut

*Hartini¹, Sital Febri Wahyuni¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Indonesia,
*hartini@unidayan.ac.id

Dikirim : 27 September 2023, Revisi : 18 Oktober 2023, Diterima: 19 Oktober 2023

Abstrak

Air adalah bahan penyusun beton yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen Portland dan diperlukan dalam perawatan beton. Penggunaan air laut kemudian diwacanakan menjadi satu alternatif di Indonesia yang merupakan Negara kepulauan. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui nilai kuat tekan yang dihasilkan akibat penggunaan air laut dalam campuran beton. Benda uji silinder dengan dimensi 15x30 cm di uji setelah perawatan umur 3, 7 dan 28 hari yang menggunakan campuran air laut dan dirawat air laut berjumlah 15 benda uji dan beton dengan campuran air laut dirawat air tawar berjumlah 15 benda uji. Hasil uji kuat tekan beton dengan perawatan air laut pada umur 3 hari sebesar 9,23 MPa, 7 hari sebesar 13,04 MPa dan 28 hari sebesar 20,03 MPa. Sedangkan beton perawatan air tawar memiliki nilai kuat tekan pada umur 3 hari sebesar 7,56 MPa, 7 hari sebesar 12,12 MPa dan 28 hari sebesar 19,33 MPa. Hasil uji mekanik kuat tekan umur 28 hari disimpulkan bahwa beton yang dicampur dan dirawat air laut mengalami peningkatan 3.58% nilai kuat tekannya dibandingkan beton air laut dengan perawatan air tawar.

Kata kunci : Beton, Kuat tekan, Air laut.

Pendahuluan

Beton merupakan perpaduan antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah baik bahan tambah admixture atau additive yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002).

Untuk mendapatkan campuran yang baik perlu adanya pengembangan pemilihan bahan penyusun beton dengan komposisi yang layak dan efisien. Adapun salah satu bahan penyusun beton yaitu air yang salah satu syaratnya dapat diminum.

Namun, dewasa ini pada negara-negara maju ketersediaan air bersih semakin berkurang yang selanjutnya mempengaruhi penggunaannya dalam produksi beton. Disebutkan tahun 2025 manusia separuhnya akan tinggal di tempat di mana air bersih tidak lagi dapat memenuhi kebutuhan selain untuk kebutuhan dasar. (Otsuki dkk., 2011).

Fakta bahwa Indonesia Negara kepulauan menyebabkan bahwa kebutuhan akan air bersih sulit diperoleh di beberapa daerah. Dimana banyak pula terdapat bangunan-bangunan pantai seperti bangunan pelabuhan ataupun dermaga, talud dan bangunan lain yang sering dijumpai sesuai dengan kebutuhan aktivitas masyarakat, yang membutuhkan air bersih dalam pembuatannya.

Teknologi baru bahan bangunan sangat diperlukan di era perkembangan konstruksi untuk menghasilkan material konstruksi yang awet, efisien, *eco-friendly* dan dengan durabilitas tinggi (Hapsari, 2017). Hal ini yang menjadi tantangan dalam dunia teknik sipil untuk menghasilkan beton yang bermutu tinggi dan awet (tahan) dari material struktur yang ada. Contohnya dengan digunakannya air laut sebagai salah satu material pada konstruksi beton.

Penelitian oleh (N. Otsuki, dkk, 2011) meneliti kemungkinan digunakan air laut dalam adukan beton. Tim peneliti mengamati durabilitas beton dengan OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan semen BFS (*Blast furnace slag*) yang dicampur air laut dan air tawar. Rasio air semen yang digunakan sebesar 0.5 dan dibuat pasta semen BFS dengan perbandingan penggunaan BFS terhadap OPC sebesar 70%. Penelitian ini menghasilkan perbedaan antara beton dengan OPC dan semen BFS sangat besar, dengan perbedaan *durability*/ketahanan sampel air tawar dan sampel air laut tidak begitu berbeda.

Tim peneliti kemudian menyimpulkan pemanfaatan air laut cukup aman, dimana upaya penanggulangan sebelum digunakannya air laut sebagai air campuran adalah sebagai berikut: untuk jenis semen, sebaiknya tidak menggunakan OPC namun gunakan semen BFS atau semen campuran lainnya, menggunakan tulang-tahan

korosi, menggunakan zat penghambat karat atau pemakaian stainless steel.

Penyelidikan lainnya yang dilakukan (T. U. Mohammed, T. Yamaji, dan H. Hamada, 2002) dengan menggunakan air laut dan air keran pada beton untuk mengetahui kuat desak, mineralogi, intruksi klorida serta perkaratan baja tulangan pada beton. Jenis semen yang dipakai adalah semen portland biasa, semen portland dengan panas hidrasi sedang, semen portland dengan kekuatan awal tinggi, dan semen *blast furnace slag*. Baja tulangan ditanam pada beton dengan jarak 2cm, 4cm, dan 7cm dari selimut beton. Lama masa pengamatan yaitu 28 hari, 1.5 tahun dan 20 tahun setelah terpapar air laut.

Kekuatan awal beton yang memakai air laut tergolong tinggi. Selanjutnya tidak ditemukan perbedaan nyata kekuatan tekan pada beton memakai air laut dan air keran setelah paparan selama 20 tahun. Karena penggunaan air laut menghasilkan jumlah awal klorida yang dapat menyebabkan inisiasi korosi segera setelah pengecoran batang tulangan yang memiliki rongga/celah pada interface baja-beton. Air laut pada campuran menyebabkan terbentuknya lubang korosi yang lebih dalam dibandingkan dengan air keran.

Air Laut pada Campuran Beton

Tujuan dari penggunaan air dalam pekerjaan beton yaitu agar terjadinya proses hidrasi, yaitu terjadinya reaksi kimia antara air dan semen, sehingga campuran beton mengeras setelah jangka waktu tertentu. Air dalam pengadukan beton disyaratkan air yang dapat diminum, secara visual tidak terlihat benda terapung, tidak terdapat lumpur dan minyak yang dapat menurunkan kualitas campuran dan baja tulangan.

Apabila pada suatu kondisi air tawar sulit didapatkan, maka air laut diijinkan penggunaannya, meskipun tidak disarankan. Walaupun kuat awal bila menggunakan air laut ini lebih tinggi dibandingkan menggunakan air tawar, namun kekuatan setelah 28 hari menjadi lebih rendah. Menurunnya kuat tekan yang dihasilkan dapat diatasi dengan penggunaan rasio air semen yang lebih rendah. (Paul Antoni dan Nugraha, 2007).

Dilansir Mohammed dkk. (2024), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa air laut dapat digunakan pada beton polos tanpa tulangan dalam kondisi yang tidak dapat dihindari. Otski dkk. (2011), juga menyebutkan penggunaan air

laut dimungkinkan pada campuran beton asalkan menggunakan semen campuran dan menggunakan inhibitor untuk menghambat atau menurunkan laju penyerangan korosi pada baja tulangan.

Di lingkungan dibawah pengaruh air laut, klorida dan sulfat akan masuk kedalam beton dan menimbulkan reaksi kimia yang cukup kompleks, diawali dengan perubahan sifat fisik dan kimia pada beton. Perubahan sifat tersebut menyebabkan menurunnya kualitas beton ditandai dengan retakan pada permukaan, yang selanjutnya menyebabkan tulangan berkarat dan beton mengalami *spalling*. Berikut tabel kandungan senyawa air laut menurut, (Emmanuel dkk, 2012).

Tabel 1. Kandungan Kimia Air Laut

Senyawa	Berat (gram)
Sodium (Na)	10,360
Klorida (Cl ⁻)	19,353
Sulfat (SO ₄ ⁻)	2,712
Potassium (K ⁺)	0,387
Calcium (Ca ⁺⁺)	0,413
Magnesium (Mg ⁺⁺)	1,294
Strontium (Sr ⁺⁺)	0,008
Bromide (Br ⁻)	0,008
Bikarbonat (HCO ³⁻)	0,142
Boron (N ₃ B ₃)	0,001
Fluor (F ⁻)	0,001

Pengaruh Kimia Air Laut

Pada beton air laut, ikatan kimia antara semen dan air laut mengakibatkan transformasi mikrostruktur yang kemudian mempengaruhi sifat mekanis beton yang dihasilkan, terutama dalam hal ketahanan. Senyawa klorida sebagai faktor utama dari kerusakan struktur beton, menyerang dalam berbagai bentuk diantaranya memicu pembentukan karat pada batang baja. Ketika air bereaksi dengan semen, beberapa produk hidrasi semen berikatan dengan ion klorida dari air laut menghasilkan Garam Friedls (Calcium Chloroaluminate) dan ettringite (Calcium Aluminat Sulfat), baik melalui ikatan kimia dan atau adsorpsi secara fisik. Sisa ion klorida yang tidak terikat oleh produk hidrasi, kemudian melewati rongga pada beton lalu menembus lapisan galvanis tulangan yang tertanam. (M.V.A. Marinescu dkk, 2010).

Pada beton campuran air laut akan menghasilkan *tobermorite* dan *portlandite* akibat

reaksi air dengan silikat C_2S dan C_3S dari semen. Kemudian *portlandite* (Calcium Hidroksida) lanjut bereaksi dengan Natrium Klorida dan Magnesium Sulfat yang terkandung pada air laut membentuk garam Friedls dan ettringite. Garam Friedel dan ettringite kemudian mengkristal dan memenuhi rongga pada beton, namun tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan yang dihasilkan untuk umur beton 28 hari (Hartini, 2017).

Ann and Song (2007) dalam penelitiannya meninjau tingkat ambang batas klorida (CTL) yang berpengaruh penting pada masa pakai struktur beton. CTL biasanya dinyatakan sebagai rasio klorida terhadap ion hidroksil atau kandungan klorida bebas terhadap total relatif berat semen. Saat klorida mencapai ambang batasnya dalam arti tidak ada lagi senyawa dalam semen yang dapat mengikat klorida dalam adukan beton, maka korosi pada batang baja mulai terjadi. Langkah-langkah mengatasi CTL yang telah melebihi ambang batas yaitu menggunakan inhibitor korosi, pelapisan baja dan perlakuan elektrokimia pada tulangan.

Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton merupakan tahapan akhir dari pekerjaan pembeconan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab sejak dipadatkan sampai proses hidrasi selesai kurang lebih 28 hari. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air pada beton segar tidak cepat menguap. Hal ini untuk memastikan proses hidrasi pada beton berlangsung dengan sempurna. Jika tidak, udara panas akan menguapkan air dari permukaan beton segar, dan akibatnya beton segar kekurangan air untuk proses hidrasinya. Bila hal ini terjadi, maka akan timbul retak-retak pada permukaan beton yang dihasilkan sebelum struktur bekerja. (Tjokrodinuljo, 2007).

Fepy Supriani dan Mukhlis Islam (2017), melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan dan durabilitas beton dengan perendaman dan tanpa perendaman. Diperoleh, beton dengan perendaman mencapai kuat tekan tertinggi sedangkan beton tanpa perawatan dalam hal ini tidak direndam mengalami penurunan kekuatan sampai dengan 19%.

Metode Penelitian

Penelitian ini adalah uji eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin.

Awal dari rangkaian penelitian ini adalah pengujian karakteristik pasir dan batu pecah yang digunakan. Sampel yang digunakan untuk uji mekanik kuat tekan adalah silinder ukuran standar dengan mutu beton rencana, $f'c$ 20 MPa.

Perancangan campuran beton merujuk pada SNI 03-2847-2002. Penelitian ini dirancang untuk pembuatan beton normal dengan air laut sebagai bahan pencampuran dan sebagai perawatan. Matriks jumlah dan perlakuan benda uji terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Sampel dan Perlakuan Benda Uji

Perendaman (hari)	Jumlah Sampel (buah)	
	Perendaman Air Laut	Perendaman Air Tawar
7	5	5
14	5	5
28	5	5
Jumlah	15	15

Pengujian dilakukan terhadap beton segar dan beton keras. Untuk pengujian beton segar dilakukan pengujian *slump* untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) campuran. Adapun untuk beton keras dilakukan uji kuat tekan beton.

Material Penyusun Beton

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Semen *portland type I (PCC)*
- Pasir/Agregat Halus asal Kelurahan Boso, Kecamatan Batauga
- Batu Pecah/Agregat Kasar asal PT. Lakina Wolio, Kecamatan Sorawolio, Kota Baubau
- Air laut dari kelurahan Katobengke, Kecamatan Betoambari, Kota Baubau.

Pengujian Mekanik Kuat Tekan Beton (SNI 1974-2011)

Perilaku mekanik beton yang mengeras ialah ketahanan beton dalam memikul beban tiap satuan luas pada suatu struktur bangunan. Beton keras yang baik ditandai dengan kuat tekan tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang lebih daktail, kedap air dan udara, ketahanan terhadap serangan sulfat dan klorida, susut rendah dan dengan daya tahan yang lama.

Kuat tekan beton normal antara 20 MPa – 40 MPa. Adapun kuat tekan beton adalah gaya

tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton per satuan luas. Beberapa hal yang mempengaruhi diantaranya: jenis agregat yang digunakan, rasio air semen, kelecakan adukan, perawatan (*curing*) dan umur beton. Namun, hal yang penting untuk diperhatikan yaitu rasio air semen (fas), dimana semakin kecil nilai fas maka jumlah air yang digunakan juga semakin berkurang yang selanjutnya menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi. Persamaan mencari kuat tekan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana:

- σ = Kuat tekan, dalam N/mm²
- P = Beban tekan, dalam newton (N)
- A = Luas penampang sampel dalam (mm)

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus

Karakteristik agregat halus berupa pasir Kelurahan Bosoa, Kecamatan Batauga secara rinci ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus/Pasir

No.	Karakteristik Agregat	Spesifikasi	Pengamatan
1.	Kadar air	2% - 5%	2,05 %
2.	Berat volume Lepas	1.4 - 1.9 kg/ltr	1,45 kg/ltr
3.	Berat Volume Padat	1.4 - 1.9 kg/ltr	1,62 kg/ltr
4.	Absorpsi	Maksimal 2%	2,3%
5.	Berat jenis Curah	1.6 - 3.3	2,64
6.	Berat jenis Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2,54
7.	Berat jenis Semu	1.6 - 3.3	2,48
8.	Kadar lumpur	Maksimal 5 %	1,33%
9.	Modulus kehalusan	1.5- 3.8	2,71
10.	Analisa saringan		Gradasi II

Terlihat dari hasil pemeriksaan karakteristik diatas bahwa pasir yang digunakan memenuhi seluruh persyaratan yang disebutkan dalam SNI.

Adapun hasil pengujian Analisa Saringan Pasir Kelurahan Bosoa dan pemeriksaan gradasi pasir disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Analisa Ayak Agregat Halus

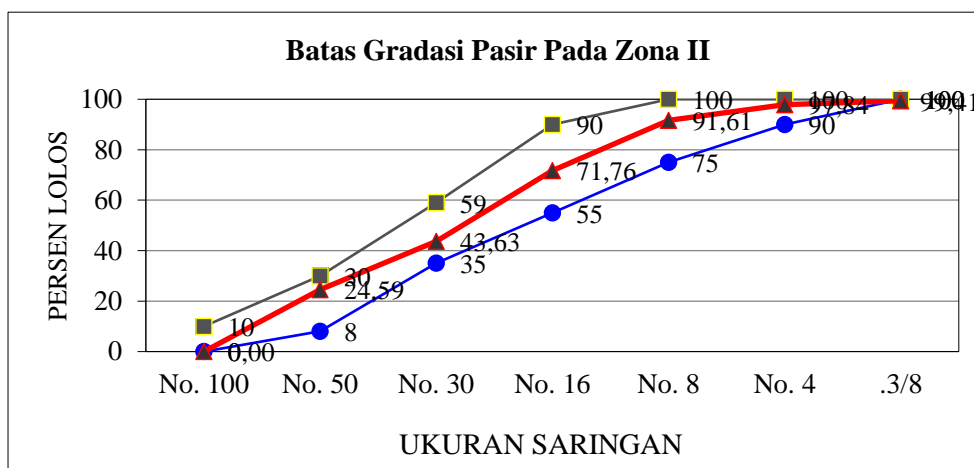
Nomor Saringan	Berat Tertahan	Persentase Tertahan Saringan	Persentase Kum. Tertahan	Persentase Lolos Saringan
mm	gram	%	%	%
3/8"	5.90	0.59	0.59	99.41
N0. 4	15.67	1.57	2.16	97.84
No. 8	62.37	6.24	8.39	91.61
No. 16	198.47	19.85	28.24	71.76
No. 30	281.30	28.13	56.37	43.63
No. 50	190.43	19.04	75.41	24.59
No. 100	245.87	24.59	100.00	0.00
JUMLAH	1000.00	100.00	271.16	
	Fine Modulus		2.71	

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir

Ayakan	Hasil	I		II		III		IV	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
3/8	99.41	100	100	100	100	100	100	100	100
No. 4	97.84	90	100	90	100	90	100	95	100
No. 8	91.61	60	90	75	100	85	100	95	100
No. 16	71.76	30	70	55	90	75	100	90	100
No. 30	43.63	15	34	35	59	60	79	80	100
No. 50	24.59	5	20	8	30	12	40	15	50
No. 100	0	0	10	0	10	0	15	0	15

Analisa ayak pasir yang digunakan dalam penelitian ini dari Boso, Kecamatan Batauga setelah diplotkan pada grafik daerah gradasi

pasir, masuk pada gradasi Daerah II yang digambarkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Gradasi II Pasir Kelurahan Boso

Dari Grafik 1 diatas memperlihatkan bahwa pasir Kelurahan Boso sebagai material campuran beton pada penelitian ini berada pada zona gradasi II dan masuk klasifikasi pasir agak kasar.

Pemeriksaan Material Agregat Kasar

Untuk agregat kasar asal PT. Lakina Wolio, Kecamatan Sorawolio, Kota Baubau secara rinci diperlihatkan pada Tabel 6 mengenai data karakteristiknya.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Batu Pecah

No.	Karakteristik Batu Pecah	Spesifikasi	Pengamatan
1.	Keausan	Maksimal 50%	27,2 %
2.	Kandungan lumpur	Maksimal 1 %	1 %
3.	Kadar air	0.52% - 2%	1,02 %
4.	Modulus kehalusan	5.5- 8.5	2,04
5.	Berat volume lepas	1.6 - 1.9 kg/ltr	1,28 kg/ltr
6.	Berat volume padat	1.6 - 1.9 kg/ltr	1,41 kg/ltr
7.	Absorpsi	Maksimal 4%	1,02%
8.	Berat jenis curah kering	1.6 - 3.3	2,36
9.	Berat jenis SSD/kering permukaan	1.6 - 3.3	2,33
10.	Berat jenis semu	1.6 - 3.3	2,30

Berdasarkan hasil pengecekan karakteristik di Laboratorium pada tabel diatas dapat dilihat terdapat beberapa karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, diantaranya modulus kekasaran lebih rendah dari yang disyaratkan SNI, serta berat volume kondisi lepas dan kondisi padat yang juga memiliki nilai lebih rendah dari spesifikasi SNI. Namun, secara

umum disimpulkan bahwa agregat kasar/batu pecah asal PT. Lakina Wolio dapat digunakan dalam adukan beton karena memenuhi sebagian besar persyaratan sebagai agregat kasar.

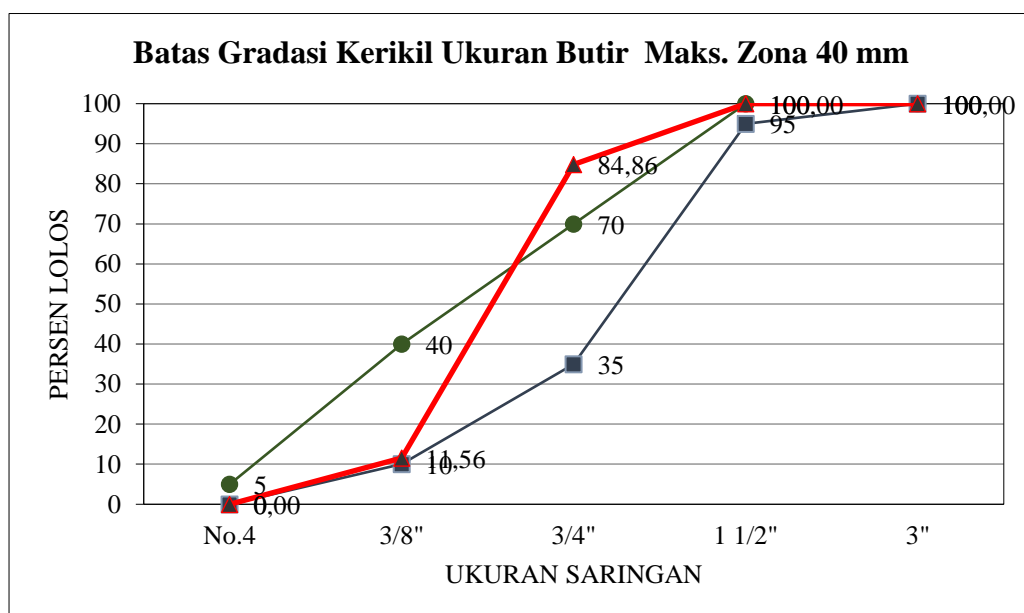
Selanjutnya pada Tabel 7 diperlihatkan secara rinci uji analisa saringan agregat kasar PT. Lakina Wolio.

Tabel 7. Hasil Analisa Ayak Agregat Kasar

Ayakan	Berat Butir Tertahan	Persentase Tertahan	Persen Kum. Tertahan	Persentase Lolos
mm	gram	%	%	%
3"	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	302.87	15.14	15.14	84.86
3/8"	1465.83	73.29	88.44	11.57
No. 4	231.30	11.57	100.00	0.00
Jumlah	2000.00	100.00	203.58	
	Fine Modulus		2.04	

Adapun hasil pengujian gradasi batu pecah pada tabel diatas kemudian diplotkan pada grafik batas gradasi menunjukkan agregat kasar yang

digunakan berada pada zona Gradasi Standar Agregat dengan besar butir maksimum 40 mm, dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Butir Maksimum 40 mm Batu Pecah PT. Lakina Wolio

Mix Design Campuran Beton

Perancangan komposisi agregat (halus dan kasar) dari hasil penggabungan agregat menurut gradasinya diperoleh komposisi 38,5% pasir dan 61,5% batu pecah.

Komposisi material penyusun beton pada penelitian ini berdasarkan berat dalam kilogram yang menggunakan FAS 0.58 ditampilkan secara rinci pada tabel Komposisi *Mix Design* berikut.

Tabel 8. Komposisi *Mix Design*

Material	Berat/m ³ (Kg)	Rasio Terhadap Jml. Semen
Air	186,86	0,59
Semen	318,97	1,00
Pasir	670,26	2,10
Batu pecah	1073,92	3,37

Sifat Mekanik Beton (Uji Kuat Tekan)

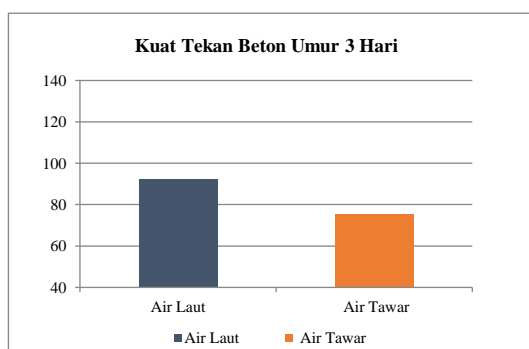
Uji sifat mekanik berupa kuat tekan dilakukan pada sampel silinder 15cm x 30cm dengan air laut sebagai air pencampur pada variasi perawatan air laut dan perawatan dengan air tawar dengan masing-masing variasi berjumlah 15 sampel. Hasil yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. Rata-Rata Uji Tekan Beton

No	Uraian	Kuat Tekan ($\sigma'b$) (MPa)	
		Perawatan Air Laut	Perawatan Air Tawar
1	Umur 3 hari	9,23	7,56
2	Umur 7 hari	13,04	12,12
3	Umur 28 hari	20,03	19,33

Uji Kuat Tekan Perendaman 3 Hari

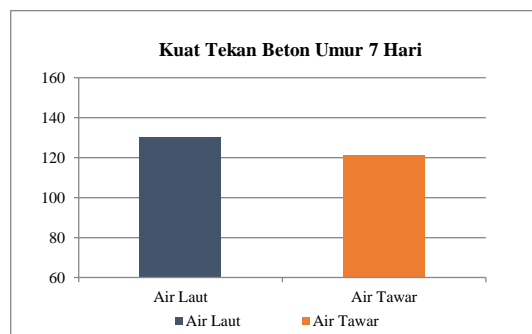
Hasil pengujian kuat tekan perendaman 3 hari dengan perawatan air tawar memiliki kuat tekan rata-rata 7,56 MPa (75,60 Kg/cm²) dari hasil yang didapatkan lebih rendah dari beton dengan perawatan air laut. Digambarkan pada grafik berikut ini:



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Air Laut Variasi Perawatan Air Laut dan Air Tawar pada Perendaman 3 Hari

Uji Kuat Tekan Perendaman 7 Hari

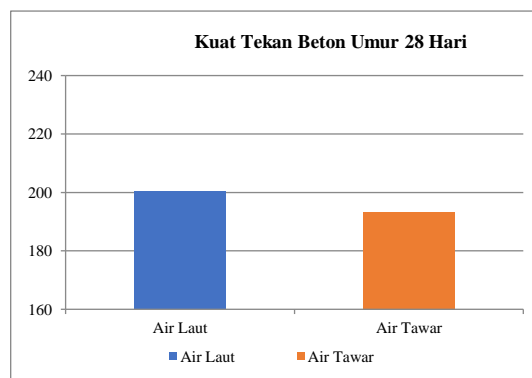
Pada pengujian kuat tekan perendaman 7 hari, variasi perawatan air laut memiliki kuat tekan rata-rata 13,04 MPa (130,43 Kg/cm²) dan variasi benda uji dengan perawatan air tawar memiliki kuat tekan rata-rata 12,12 MPa (121,20 Kg/cm²). Digambarkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Air Laut Variasi Perawatan Air Laut dan Air Tawar pada Perendaman 7 Hari

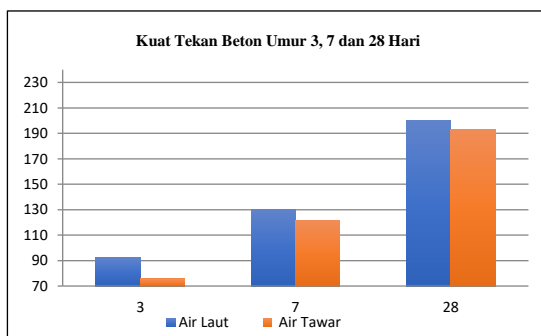
Uji Kuat Tekan Perendaman 28 Hari

Pada pengujian kuat tekan perendaman 28 hari, sampel beton campuran air laut dengan perendaman air laut memiliki kuat tekan rata-rata 20,03 MPa (200,27 Kg/cm²) lebih tinggi dari pada variasi perawatan air tawar yang memiliki kuat tekan rata-rata 19,33 MPa (193,34 Kg/cm²). Hasil pengujian digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Air Laut Variasi Perawatan Air Laut dan Air Tawar pada Perendaman 28 Hari

Adapun rangkuman uji mekanik kuat tekan beton campuran air laut dengan variasi perawatan air laut dan perawatan air tawar untuk masing-masing umur perendaman diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Histogram Kuat Tekan Beton Air Laut Dengan Variasi Perawatan Air Laut Dan Air Tawar Umur 3, 7 Dan 28 Hari

Nilai kuat tekan mengalami peningkatan dari umur 3 hari ke 28 hari, dimana beton dengan perawatan air laut kuat tekannya lebih tinggi dibandingkan beton dengan perawatan air tawar. Kuat tekan sampel beton fas 0.58 pada campuran dan perawatan air laut perendaman 3 hari sebesar 9,23 MPa (92,34 Kg/cm²), perendaman 7 hari sebesar 13,04 MPa (130,43 Kg/cm²) dan perendaman 28 hari sebesar 20,03 MPa (200,27 Kg/cm²).

Kesimpulan

Pemakaian air laut pada adukan beton dengan variasi perawatan air laut menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan sampel dengan perawatan air tawar. Kuat tekan beton untuk kedua variasi mengalami peningkatan dari umur 3 hari sampai 28 hari, dimana beton perawatan air laut mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,58% dibanding beton perawatan air tawar.

Daftar Pustaka

- Ann, K. Y., Song, H.W. (2007). Chloride threshold level for corrosion of steel in concrete. *Corrosion Science*, 49 (11) 4113-4133.
- Antoni dan Paul Nugraha. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit C.V. Andi Offset.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI-03-2847-2002. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

- Departemen Pekerjaan Umum. LPMB. (1989) *Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan*. SK SNI S-04-1989-F. Bandung: DPU- Yayasan LPMB.
- Hapsari, Sherli Pramudhita. (2017). Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Silica Fume Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri dengan Kuat Tekan Beton Mtu Tinggi. *Skripsi*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universita Sebelas Maret.
- Marinescu, M.V.A. and Brouwers, H.J.H., (2010). *Free and bound chloride contents in cementitious materials*, 8th fib PhD Symposium in Kgs. Lyngby, Denmark.
- Mohammed, T.U., Yamaji, T. and Hamada, H. (2002). Chloride Diffusion, Microstructure, and Mineralogy of Concrete after 15 Years of Exposure in Tidal Environment. *ACI Materials Journal*, 99 (3), 256-263.
- Otsuki, N., Furuya, D., Saito, T. and Tadokor, Y., (2011). *Possibility Of Sea Water As Mixing Water In Concrete*, 36th Conference on Our world in Concrete & Structures, Singapore.
- SNI 1974-2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Supriani, Fepy dan Mukhlis Islam. (2017). Pengaruh Metode Perlakuan dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan dan Durabilitas Beton. *Jurnal Inersia*, 9 (2), 47-54.