

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON CURING AIR LAUT

Risamawarni¹, Erniati Bachtiar^{2*}, Fatmawaty Rachim³
^{1,2,3} Teknik Sipil, Universitas Fajar

*correspondence author : erni@unifa.ac.id

Abstrak. Salah satu upaya mengurangi dampak eksploitasi alam adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh limbah beton sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton curing air laut dan curing air tawar. Mix design beton menggunakan metode Development Of Envirotmen (DOE). Ada 5 Variasi jumlah limbah beton yang digunakan sebagai substitusi agregat kasar yakni sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Setiap variasi limbah beton terdiri dari 3 buah benda uji. Disamping variasi persentase limbah beton juga variasi curing air laut dan air tawar. Kuat tekan beton curing air tawar yang menggunakan substitusi limbah beton 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% berturut-turut sebesar, 31,85 MPa, 30,57 MPa, 29,30 MPa, 27,60 MPa, 22,08 MPa. Sedangkan kuat tekan beton curing air laut pada variasi limbah beton berturut-turut sebesar, 33,12 MPa, 28,87 MPa, 26,33MPa, 22,93 MPa, 20,38 MPa. Semakin bertambahnya limbah beton maka nilai kuat tekan baik pada pada beton air laut maupun pada pengolahan air tawar menurun.

Keywords: Limbah beton, kuat tekan, air laut

INDONESIAN JOURNAL OF FUNDAMENTAL SCIENCES (IJFS)

E-ISSN: 2621-6728

P-ISSN: 2621-671X

Submitted : June 6th, 2020

Revised : August 21st, 2020

Accepted : September 2nd, 2020

Abstract. One of the efforts to reduce natural mining is to reuse waste concrete to use new concrete. This study aims to determine how the effect of waste concrete as a substitute for coarse aggregate on the compressive strength of concrete hardening in seawater and freshwater. The design of the concrete mix uses the Development Of Environment (DOE) method. There are five variations in the amount of waste concrete used as a substitute for coarse aggregates, namely 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. Each variant of concrete waste consists of 3 specimens. The variation in the percentage of the concrete debris shows variations in seawater and freshwater the hardening. The compressive strength of freshwater hardening concrete using the substitution of waste concrete of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% are respectively 31.85 MPa, 30.57 MPa, 29, 30 MPa, 27.60 MPa, 22.08 MPa. Meanwhile, seawater's compressive strength hardening concrete on the variation of waste concrete is 33.12 MPa, 28.87 MPa, 26.33 MPa, 22.93 MPa, 20.38 MPa, respectively. As the concrete waste increases, the compressive strength value for both seawater concrete and freshwater treatment decreases.

LATAR BELAKANG

Dunia konstruksi semakin maju, khususnya dunia konstruksi beton. Dari hari ke hari muncul inovasi-inovasi bahan, metode dan bentuk konstruksi. Konstruksi beton memerlukan bahan tersedia dengan mudah dan cepat. Beton sangat diperlukan pada teknologi konstruksi karena sangat banyak dipergunakan secara umum sebagai bahan bangunan. Ini disebabkan karena beton memiliki keunggulan dan kelebihan terutama mudah diperoleh bahannya dan kekuatan yang tinggi. Seiring dengan perkembangan konstruksi bangunan baik dari segi fungsi dan bentuk serta model, maka bangunan lama otomatis banyak yang di renovasi karena perubahan fungsi serta banyaknya bangunan banyak dirubuhkan karena bentuk/model, fungsi dan luas dari bangunan tersebut. Dengan renovasi atau perubahan bangunan yang memberikan efek banyaknya limbah beton yang tidak berfungsi. Selain itu pada pelaksanaan konstruksi, banyak limbah-limbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan maupun jalan serta limbah-limbah beton hasil dari pengujian di laboratorium. Selain itu, sumber daya alam (SDA) yang jumlahnya terbatas sebagai bahan material konstruksi beton yang merupakan salah satu masalah dalam hal ketersediaan material beton yang sangat penting dicari solusinya. Pembongkaran konstruksi bangunan Gedung-gedung, jalan dan jembatan, dan bangunan infrastruktur lainnya dari material beton yang akan memiliki efek yaitu adanya limbah beton. Limbah beton jika dilakukan pembiaran akan merusak lingkungan jika limbah beton tersebut dibiarkan tanpa adanya penanganan. Penanganan limbah beton dengan mendaur ulang limbah beton yang berasal dari bongkaran konstruksi bangunan menjadi agregat kasar Limbah beton adalah salah satu upaya yang peduli lingkungan. Limbah beton merupakan material yang keras seperti agregat. Jika karakteristik yang dimiliki oleh limbah beton sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) maka limbah beton tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan campuran beton.

Melihat banyaknya limbah beton yang tidak dimanfaatkan, maka para peneliti, pemerhati lingkungan serta akademisi bermunculan untuk bagaimana memanfaatkan kembali limbah beton dengan mendaur ulang sebelum pemakaian sebagai material agregat. Pemanfaatan limbah beton pada campuran perkerasan aspal telah banyak diteliti (Imannurrohman et al., 2020; Prawiro & Pasca, 2014; Saepuddin, 2016; Suwastika et al., 2019; Syaiful Amal & Saleh, 2016). Pemanfaatan limbah beton pada beton sebagai agregat halus dan agregat kasar. Penelitian limbah beton sebagai agregat kasar beton telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dimana limbah beton memiliki potensi sebagai agregat kasar campuran beton (Hamid et al., 2014; Mulyati & A, 2014; Salain et al., 2016; Soelarso et al., 2016; Soleha, 2016). Penelitian tentang limbah beton sebagai agregat halus pada beton (Budiman, 2019).

Indonesia sebagai negara kepulauan, sehingga banyaknya konstruksi beton baik pada sekitas laut maupun berada dalam laut. Sehingga beton yang direncanakan harus yang tahan terhadap kondisi lingkungan agresif. Penelitian tentang pengaruh air laut pada beton telah banyak dilakukan (Budi, 2017; Hunggurami et al., 2014) tapi bukan menggunakan limbah beton sebagai agregatnya. Selain itu penelitian tentang penggunaan air laut sebagai air pencampuran dan curing

juga telah dilakukan oleh Erniati dkk (Erniati, Tjaronge, Djamaluddin, et al., 2015; Erniati, Tjaronge, Zulharnah, et al., 2015; Setiawan & Bachtiar, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah beton sebagai substitusi agregat kasar terhadap kekuatan beton yang dilakukan curing air laut dan air tawar. Pemilihan kuat tekan ini dimaksudkan agar hasil dari penelitian dapat digunakan untuk pembangunan infrastruktur khususnya konstruksi beton dilingkungan agresif. Penggunaan komposisi agregat limbah beton adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat total agregat alami (batu pecah/kerikil).

METODE PENELITIAN

Riset ini memakai metode eksperimental dengan membuat sampel dan melakukan pengujian sampel beton. Pembuatan sampel dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Fajar, Makassar.

Bahan

Ada beberapa jenis material yang dipergunakan dalam penelitian ini yakni semen type Portland Composite Cement (PCC), limbah beton, agregat halus, dan agregat kasar, serta air. Agregat halus yang dipergunakan berasal dari Kabupaten Takalar, sedangkan agregat kasar berasal dari daerah bili-bili Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Limbah beton berasal dari limbah-limbah beton di laboratorium Bahan dan Beton Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Hasil karakteristik agregat halus dan agregat kasar memenuhi syarat sebagai material penyusun beton. Berat jenis agregat kasar sebesar 2,68 dan berat jenis agregat kasar sebesar 2,71.

Alat

Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini anatara lain mixer, gerobak, silinder ukuran 10 x 20 cm, tongkat pemadat dan alat pendukung lainnya. Pengujian kuat tekan menggunakan alat mesin UTM (Universal Testing Machine) merupakan alat uji sifat mekanik beton diantaranya uji kuat tekan, uji kuat Tarik belah, uji modulus elastisitas beton.

Prosedur Penelitian

1. Mix Design

Mix deign beton dilakukan setelah diperoleh nilai-nilai karakteristik agregat kasar maupun halus. Hitungan Mix Design menggunakan metode DOE (*Development Of Envoiment*). Hasil mix design merupakan acuan yang digunakan dalam menyiapkan komposisi material penyusun beton. Dari hasil hitungan diperoleh perbandingan komposisi campurannya adalah semen : pasir : kerikil = 1 : 1.6 : 2.4. dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,37.

2. Pembuatan Benda Uji

Semua bahan yang digunakan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan komposisi yang direncanakan. Selanjutnya pasir, agregat dan semen dimasukkan dalam mixer kemudian dicampur sampai semua material penyusun tersebut bercampur homogen. Selanjutnya masukkan air kedalam campuran yang homogen tersebut sampai air Bersama material lainnya bercampur dan brsifat merata dan homogen. Sebelum

dituang kedalam cetakan silinder, maka campuran tersebut di masukkan kedalam cone untuk diketahui nilai slump test dan diamati campuran beton segar tersebut apakah terjadi bleeding atau segregation. Campuran yang baik maka tidak terjadi bleeding dan segregation.

Setelah pengujian beton segar selesai, Campuran beton segar dituang kedalam cetakan silinder dengan 3 lapisan, tiap lapisan di tusuk-tusuk dengan tongkat besi sebagai pemadatan dan menghilangkan ronggan udara, kemudian permukaan diratakan. Masing-masing sampel benda uji dibuat masing 3 sampel tiap variasi. Jumlah Sampel beton curing air tawar sebanyak 15 dan sampel beton curing air laut sebanyak 15. Jadi totalnya sebanyak 30 Sampel. Secara rinci, jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah benda uji beton

No	Nama sampel	Persentase Limbah Beton (%)	Jumlah Sampel (Buah)	
			Curing Air tawar	curing Air laut
1	BN	0	3	3
2	BLB_25	25	3	3
3	BLB_50	50	3	3
4	BLB_75	75	3	3
5	BLB_100	100	3	3
Jumlah			15	15

Keterangan

BN : Beton Normal

BLB_25 : Beton yang menggunakan 25% Substitusi limbah beton sebagai agregat

BLB_50 : Beton yang menggunakan 50% Substitusi limbah beton sebagai agregat

BLB_75 : Beton yang menggunakan 75% Substitusi limbah beton sebagai agregat

BLB_100 : Beton yang menggunakan 100% Substitusi limbah beton sebagai agregat

3. Curing dan Pengujian sifat Mekanik

Sampel yang telah mengeras (± 6 jam) dikeluarkan dalam cetakan. Kemudian dilakukan pemeliharaan/curing dengan memasukkan dalam bak air. Jadi sampel tersebut direndam selama 28 Hari. Curing tersebut dilakukan agar menjaga proses hidrasi yang masih tetap berjalan serta panas hidrasi yang terjadi tidak menyebabkan retak-retak pada beton.

Pengujian sifat mekanik pada penelitian adalah pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari, dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan ukuran 10 x 20 sebanyak 30 buah. Pengujian kuat tekan mengacu pada ASTM C39/C39M-01 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens) dan termuat pada SNI 1974-2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekan Beton

Besarnya beban maksimum persatuan luas akan diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan (*compressive strength*) sampel beton yang telah curing air tawar dan curing air laut selama 28 hari. Ada dua variasi yang diamati dalam penelitian ini adalah variasi jumlah limbah beton dan variasi air curing. Sampel beton dengan curing air tawar dengan penambahan 0% limbah beton, 25% limbah beton, 50% limbah beton, 75% limbah beton dan 100% limbah beton yang masing-masing terdiri dari 3 (tiga) benda uji. Sampel beton curing air laut dengan penambahan 0% limbah beton, 25% limbah beton, 50% limbah beton, 75% limbah beton dan 100% limbah beton yang masing-masing terdiri dari 3 benda uji.

Benda Uji berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm dipasang pada alat universal testing machine dengan posisi vertikal. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi retak sehingga tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan, hal itu ditandai dengan jarum penunjuk skala pembacaan berhenti kemudian bergerak turun, sehingga diketahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji tersebut. Kemudian dihitung kuat tekan betonnya, yaitu besarnya beban persatuan luas. Komposisi material penyusun beton memiliki pengaruh terhadap kuat tekan yang dihasilkan dari beton tersebut.

Tabel 2. Hasil Pengujian kuat tekan beton curing air tawar

Persentase Limbah Beton	No sampel	Tinggi Silinder (cm)	Diameter (cm)	Berat (gram)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	1	20	10	3840	220	28,03	31,85
	2	20	10	3895	250	31,85	
	3	20	10	3925	280	35,67	
25%	1	20	10	3880	270	34,39	30,57
	2	20	10	3690	190	24,20	
	3	20	10	3705	260	33,12	
50%	1	20	10	3680	240	30,57	29,30
	2	20	10	3865	250	31,85	
	3	20	10	3670	200	25,48	
75%	1	20	10	3640	210	26,75	27,60
	2	20	10	3650	240	30,57	
	3	20	10	3630	200	25,48	
100%	1	20	10	3440	160	20,38	22,08
	2	20	10	3530	180	22,93	
	3	20	10	3505	180	22,93	

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Universitas Fajar Makassar pada umur 28 hari. Adapun hasil pengujian kuat tekan beton yang curing air tawar

dapat dilihat pada Tabel 2, dan kuat tekan beton curing air laut dapat dilihat pada Tabel 3.

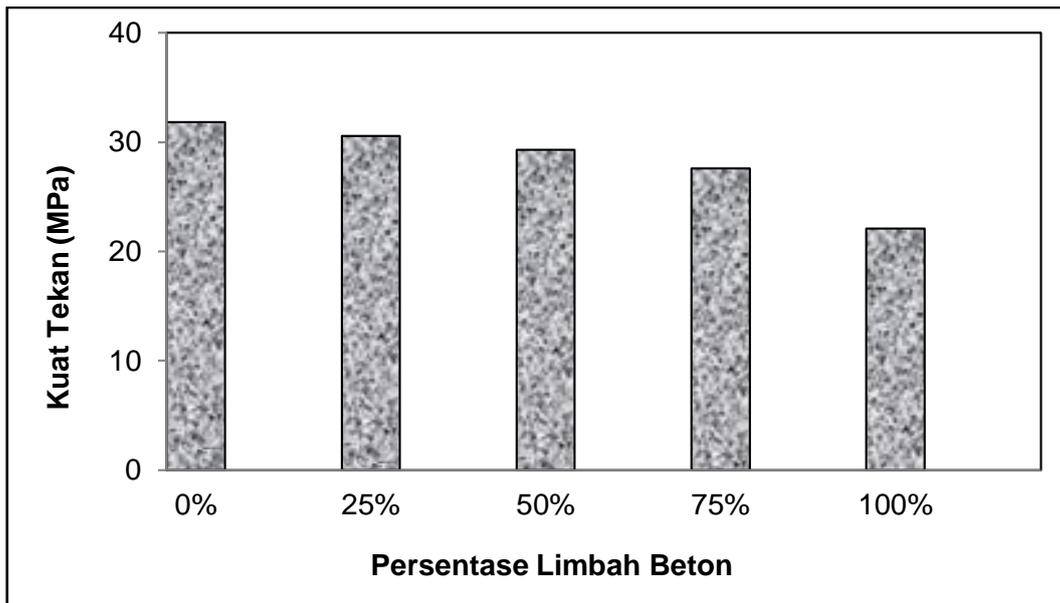
Beton curing air tawar memiliki kuat tekan rata-rata beton normal 31,85 MPa. Beton curing air tawar yang menggunakan 25% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 30,57 MPa. Beton curing air tawar yang menggunakan 50% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 29,30 MPa. Beton curing air tawar yang menggunakan 75% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 27,60 MPa. Beton curing air tawar yang menggunakan 100% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 22,08 MPa.

Beton yang curing air laut memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 33,12 MPa. Beton curing air laut yang menggunakan 25% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 28,87 MPa. Beton curing air laut yang menggunakan 50% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 26,33 MPa. Beton curing air laut yang menggunakan 75% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 22,93 MPa. Beton curing air laut yang menggunakan 100% limbah beton memiliki kuat tekan sebesar 22,38 MPa.

Tabel 3. Hasil Pengujian kuat tekan beton curing air laut

Persentase Limbah Beton	Jumlah Sampel	Tinggi Silinder (cm)	Diameter (cm)	Berat (gram)	P maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	1	20	10	3890	280	35,67	33,12
	2	20	10	3870	240	30,57	
	3	20	10	3885	260	33,12	
25%	1	20	10	3800	240	30,57	28,87
	2	20	10	3890	250	31,85	
	3	20	10	3720	190	24,20	
50%	1	20	10	3840	220	28,03	26,33
	2	20	10	3700	190	24,20	
	3	20	10	3785	210	26,75	
75%	1	20	10	3695	200	25,48	22,93
	2	20	10	3605	160	20,38	
	3	20	10	3665	180	22,93	
100%	1	20	10	3465	150	19,11	20,38
	2	20	10	3510	170	21,66	
	3	20	10	3475	160	20,38	

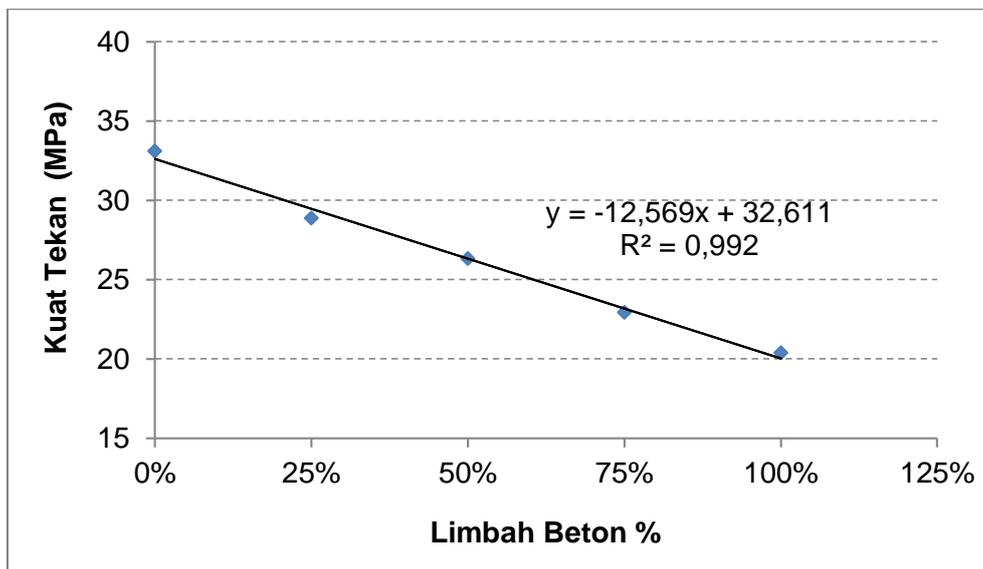
Perbandingan nilai kuat tekan beton curing air tawar yang menggunakan limbah beton dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 menggambarkan histogram kuat tekan beton yang menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar yang dicuring air tawar. Dimana, terlihat bahwa kuat tekan menurun seiring dengan bertambahnya jumlahnya substitusi agregat limbah beton sebagai agregat kasar.



Gambar 1. Histogram kuat tekan Beton curing air Tawar yang menggunakan substitusi limbah beton sebagai agregat kasar

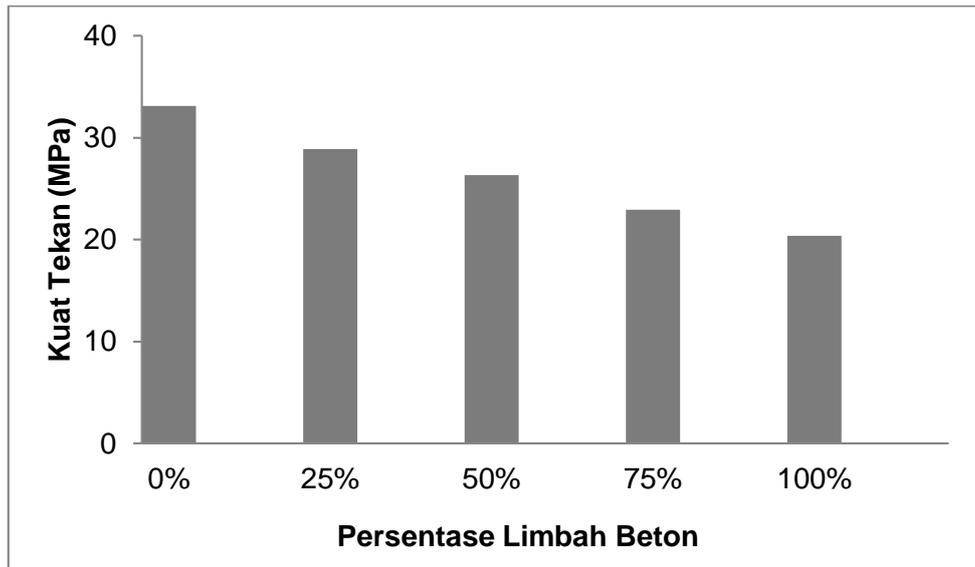
Pengaruh persentase limbah beton sebagai substitusi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar.

2. Kuat tekan dan persentase limbah beton dianalisis dengan persamaan regresi linier.



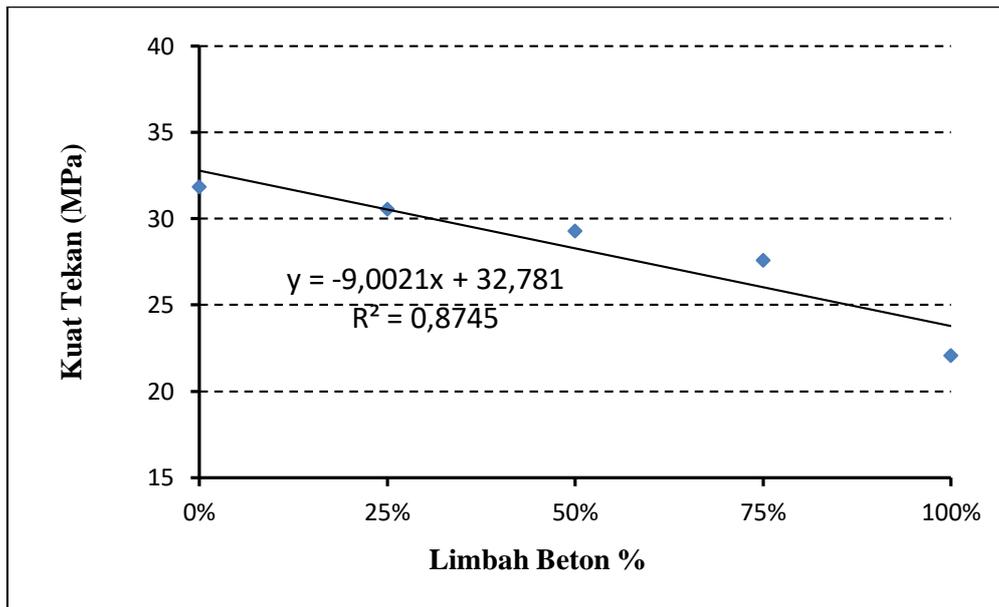
Gambar 2. Regresi linier hubungan antara % limbah beton dan kuat tekan pada beton curing air tawa

Gambar 2 menunjukkan bahwa hubungan antara persentase limbah beton dengan kuat tekan yang membentuk persamaan regresi linier $Y = -12.569x + 32.611$ $R^2 = 0.992$. Hubungan linier yang terbentuk adalah hubungan linier negative. Ini berarti semakin bertambahnya persentase limbah beton sebagai substitusi agregat kasar maka kuat tekan semakin turun. Pengaruh persentase limbah beton terhadap kuat tekan sangat signifikan, ini terlihat nilai determinasi R mendekati 1.



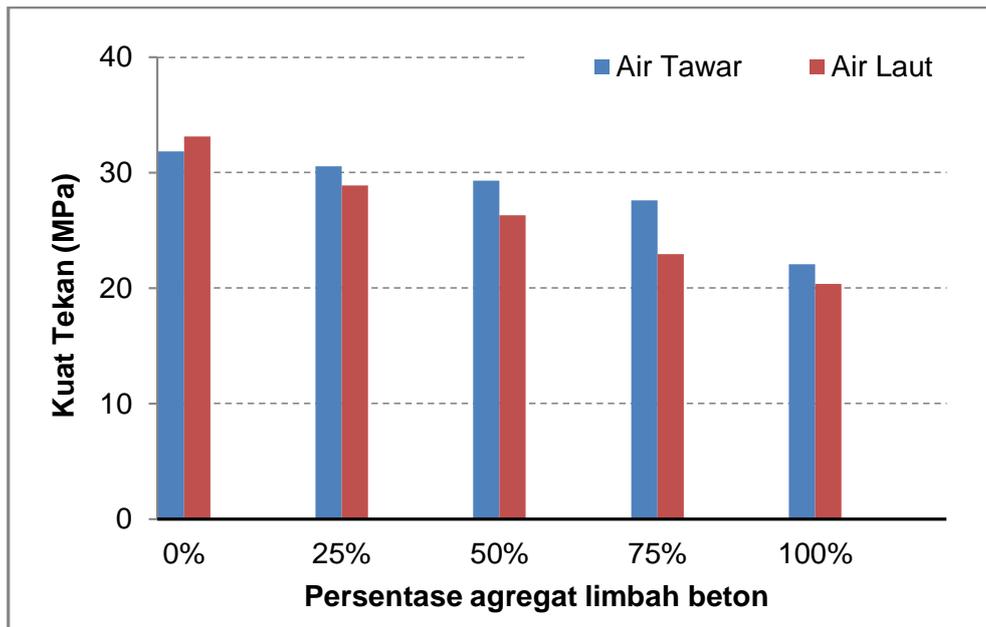
Gambar 3. Grafik kuat tekan Beton dengan menggunakan curing air laut

Gambar 3 menggambarkan histogram kuat tekan beton yang menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar yang dicuring air air laur. Dimana, terlihat bahwa kuat tekan menurun seiring dengan bertambahnya jumlahnya substitusi agregat limbah beton sebagai agregat kasar.



Gambar 4. Persamaan regresi hubungan antara % limbah dan kuat tekan

Gambar 4 menunjukkan bahwa hubungan persamaan antara komposisi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% limbah beton yang di gunakan mengalami pengaruh penurunan, semakin tinggi limbah beton yang di gunakan semakin rendah nilai kuat tekan yang di hasilkan di tunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Histogram perbandingan kuat tekan beton dengan *curing* air tawar dan *curing* air laut

Apabila dibandingkan kuat tekan dengan curing air tawar dan curing air laut dengan menggunakan limbah beton pada umur 28 hari, pada penambahan 0% terjadi selisih 4% lebih rendah dengan menggunakan curing air tawar, kemudian pada penambahan 25% limbah beton terjadi selisih 5,56% lebih rendah dengan menggunakan curing air laut, kemudian pada penambahan 50% limbah beton terjadi selisih 10,14% lebih rendah dengan menggunakan curing air laut, kemudian pada penambahan 75% limbah beton terjadi selisih 16,92% lebih rendah dengan menggunakan curing air laut dan kemudian pada penambahan 100% limbah beton terjadi selisih 7,69% lebih rendah dengan menggunakan curing air laut.

Maka dapat dilihat bahwa beton normal lebih bagus menggunakan curing air laut di banding dengan menggunakan curing air tawar, sedangkan untuk penambahan limbah beton lebih bagus menggunakan curing air tawar di banding dengan curing air laut.

KESIMPULAN

1. Kuat tekan beton yang menggunakan substitusi 25%; 50%; 75%; dan 100% limbah beton sebagai agregat kasar dengan curing air tawar pada umur 28 hari yaitu berturut - turut sebesar 30,57 MPa; 29,30 MPa; 27,60 MPa; 22,08 MPa, sedangkan untuk beton yang curing air laut berturut-turut sebesar 28,87 MPa; 26,33 MPa, 22,93 MPa dan 20,38 MPa.
2. Beton yang menggunakan 0% limbah beton dengan curing air tawar lebih besar dibandingkan dengan beton curing air laut.
3. Beton yang menggunakan 25%, 50%, 75% dan 100% limbah beton yang dicuring air tawar memiliki kuat tekan yang lebih tinggi di bandingkan dengan beton yang curing air laut.

REFERENSI

- Budi, wahyu setia. (2017). *Pengaruh waktu perendaman air laut terhadap kuat tekan beton menggunakan 3 variasi merk semen dengan bahan tambah fly ash 10%*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Budiman, B. (2019). Limbah Beton Sebagai Material Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Karakteristik. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(2), 145–149. <https://doi.org/10.31963/intek.v6i2.1571>
- Erniati, Tjaronge, M. W., Djameluddin, R., & Sampebulu, V. (2015). Compressive strength and slump flow of self compacting concrete uses fresh water and sea water. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(6), 2373–2377.
- Erniati, Tjaronge, M. W., Zulharnah, & Irfan, U. R. (2015). Porosity, pore size and compressive strength of self compacting concrete using sea water. *Procedia Engineering*, 125, 832–837. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.045>
- Hamid, D. A., As'ad, S., & Safitri, E. (2014). Pengaruh Penggunaan Agregat Daur Ulang Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Berkinerja Tinggi Grade 80. *Jurnal Matrik Teknik Sipil*, 2(2), 43–49.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Imannurrohman, N., Sudarno, & Amin, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete – Wearing Coarse (AC-WC). *Riviews in Civil Engineering*, 4(1), 6–14.
- Mulyati, & A, A. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar dan Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X*, 16(2), 1–7.
- Prawiro, B., & Pasca, N. (2014). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonate*. Universitas Brawijaya.
- Saepuddin, U. (2016). Kajian Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Cement Treated Base (CTB) untuk Lapis Pondasi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement). *Jurnal Media Teknologi*, 03(01), 13–22.
- Salain, I. A. K., Sutapa, A. A. G., & Pratama, I. A. (2016). Kuat tekan dan kuat tarik belah beton menggunakan agregat kasar limbah beton yang dibersihkan dengan HCL. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi (SENASTEK-2016)*, 50(1), 15–16.
- Setiawan, A. M., & Bachtiar, E. (2019). *The Effect of Sea Water on Effectiveness of Gfrp-S Bonding on The Reinforced Concrete Beam Submersion For 1 Year*. 165(ICMEME 2018), 23–26. <https://doi.org/10.2991/icmeme-18.2019.6>
- Soelarso, Baehaki, & Sidik, N. F. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Beton Normal terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Pondasi*, 5(2), 22–29.
- Soleha, M. (2016). *Studi Pembuatan Beton dengan Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar*. Universitas Negeri Jakarta.
- Suwastika, P. M. W., Wedyantadji, B., & Erfan, M. (2019). *Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet Wearing Course, HRS-WC)*.

Syaiful Amal, A., & Saleh, C. (2016). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(2), 117–126. <https://doi.org/10.22219/jmts.v13i2.2556>