RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/TS/about

Pengaruh Penambahan Accelerator Terhadap Laju Kuat Tekan Beton Menggunakan Air Olahan Limbah Pada Mutu Beton 25 MPa

Effect of Accelerator Addition on the Rate of Compressive Strength Development of Concrete Using Treated Wastewater at a Concrete Strength of 25 MPa"

Dewi Listyowati[1], Prasetya Adi[2], Arusmalem Ginting[3(*)], Bing Santosa[4]
Teknik Sipil, Universitas Janabadra, Jalan Tentara Pelajar no. 55-57, Indonesia[1,2,3,4]

Korespondensi (*): aginting@janabadra.ac.id
Profil Korenspondensi
Teknik Sipil, Universitas Janabadra, Jalan Tentara Pelajar no. 55-57, Indonesia

Submission	*Revision*	*Accepted*
15/05/2023	12/06/2026	30/06/2023

Abstract

The world of civil engineering, especially in developed countries, has considered reducing fresh water as a concrete mixture, especially due to the increasing infrastructure development. The research aims to utilize ready mix wastewater that is unused and will ultimately only be thrown away. The existence of time demands on the progress of project implementation often forces concrete to show its optimal performance faster than the time required for normal concrete. One way to get these results is by using admixture in the concrete mixture. The research was conducted using experimental methods at the Building Materials Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Janabadra University. The required test objects were 36 samples with 3 variations and 4 ages of concrete. Variation 1 is concrete with pure water, variation 2 is concrete with processed wastewater as a substitute for water, and variation 3 is concrete with processed wastewater as a substitute for water + accelerator additives at 2% of the total weight of cement. Calculation of concrete mix planning using (SNI 03-2834-2000, 2000) with a plan compressive strength of 25 MPa. The results showed that the processed waste water is still feasible to use for the manufacture of new concrete although the compressive strength results decreased at the age of 28 days by 3.88% when compared with pure water concrete. Concrete with wastewater + accelerator provides an increase in compressive strength at the initial age of concrete, namely 14.447% at 3 days; 12.087% at 7 days, and 5.671% at 28 days when compared to concrete with pure water, thus providing a good solution to improve the quality of concrete with wastewater at an early age. The compressive strength of concrete increases with the age of concrete in all variations.

Keywords: *concrete, wastewater treatment, accelerator, concrete compressive strength, increase in concrete compressive strength*

Abstrak

Saat ini dunia teknik sipil terutama di negara maju, telah mempertimbangkan pengurangan air tawar sebagai bahan campuran beton, terutama karena pembangunan infrastruktur yang semakin meningkat. Penelitian bertujuan untuk memanfaatkan air olahan limbah ready mix yang tidak terpakai dan pada akhirnya hanya akan dibuang. Adanya tuntutan waktu terhadap progress pelaksanaan proyek sering kali memaksa agar beton dapat menunjukkan performance optimalnya di waktu lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan beton normal. Salah satu cara untuk mendapatkan hasil tersebut adalah dengan menggunakan bahan tambah (admixture) pada campuran beton. Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimental di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra. Benda uji yang diperlukan adalah 36 sampel dengan 3 variasi dan 4 umur beton. Variasi 1 yaitu beton dengan air murni, variasi 2 beton dengan air olahan limbah sebagai substitusi air, dan variasi 3 beton dengan air olahan limbah sebagai substitusi air + bahan tambah accelerator dengan kadar 2% dari total berat semen. Perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan (SNI 03-2834-2000, 2000) dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air olahan limbah masih layak digunakan untuk pembuatan beton baru meskipun hasil kuat tekan mengalami penurunan pada umur 28 hari sebesar 3,88% jika dibandingkan dengan beton air murni. Beton dengan air limbah + accelerator memberikan peningkatan kuat tekan pada umur awal beton yaitu 14,447% pada umur 3 hari; 12,087% umur 7 hari, dan 5,671% umur 28 hari jika dibandingkan beton dengan air murni, sehingga memberikan solusi yang baik untuk meningkatkan kualitas beton dengan air limbah pada umur awal. Kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya umur beton pada semua variasi.

Kata Kunci: beton, air olahan limbah, accelerator, kuat tekan beton, peningkatan kuat tekan beton

Copyright © 2023, Author

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

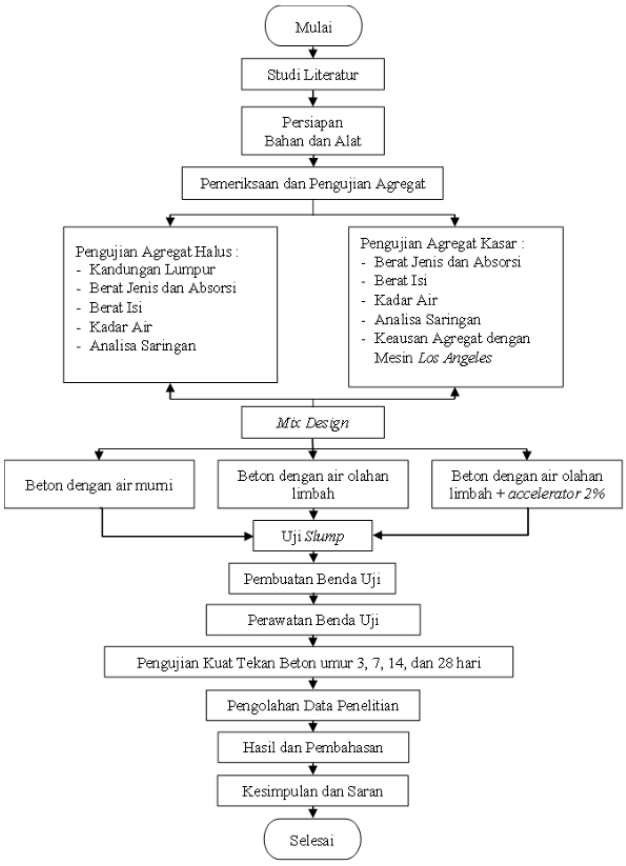
Pendahuluan

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton dianggap lebih ekonomis dan efisien daripada bahan lain untuk konstruksi, beton sering digunakan dalam struktur bangunan. Kemajuan teknologi menjadikan bangunan beton sangat populer di Indonesia. Salah satu penyusun beton yang harganya paling murah adalah air. Saat ini, kebutuhan akan air yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan beton sudah mulai berkurang, terutama di kota-kota besar atau di negara negara maju, di mana air bersih hanya diperlukan untuk kebutuhan dasar. Dunia teknik sipil, terutama di negara maju, telah mempertimbangkan potensi pengurangan air tawar sebagai bahan campuran beton, terutama karena pembangunan infrastruktur semakin meningkat. Adanya air olahan limbah hasil produksi beton baru dengan volume yang cukup besar dan pada akhirnya air limbah tersebut hanya akan dibuang, hal ini cukup menarik perhatian dan bisa dilakukan penelitian dengan menggunakan air olahan limbah tersebut. Ada kemungkinan besar bahwa air olahan limbah dapat menjadi alternatif sebagai pengganti

air bersih dalam pembuatan campuran beton. Oleh karena itu, ide untuk menggunakan air olahan limbah sebagai campuran beton telah muncul, terutama di tempat di mana air bersih tidak tersedia.

Adanya tuntutan waktu terhadap progress pelaksanaan proyek sering kali memaksa agar beton dapat menunjukkan performance optimalnya di waktu lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan beton normal. Penggunaan bahan tambah (admixture) pada campuran beton merupakan salah satu solusi yang tepat guna menghasilkan beton dengan mutu dan keawetan yang tinggi serta waktu sesuai dengan perencanaan. Ada berbagai jenis bahan tambah kimia yang telah beredar di pasaran. Salah satunya bahan tambah yang sering digunakan yaitu jenis SikaCim Accelerator. SikaCim Accelerator adalah bahan tambah yang sangat baik untuk mempercepat proses pengerasan dan memiliki tingkat kerja yang tinggi pada campuran beton. SikaCim Accelerator adalah bahan campuran untuk menghasilkan pengerasan beton yang cepat dan kuat tekan awal lebih tinggi. Penggunaan SikaCim Accelerator dapat mempercepat waktu pengerasan beton, sehingga pekerjaan konstruksi dapat selesai dalam waktu yang lebih cepat. Selain itu, penggunaan SikaCim Accelerator juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Penggunaan SikaCim Accelerator harus dilakukan dengan tepat untuk mencapai hasil yang optimal.

Dalam penelitian ini menggunakan air olahan limbah ready mix sebagai pengganti air bersih dan penambahan SikaCim Accelerator pada pembuatan beton baru yang kemudian akan diketahui seberapa besar pengaruh penambahan *SikaCim Accelerator* pada campuran beton dengan menggunakan air olahan limbah. Pemanfaatan air limbah ini bertujuan untuk menghindari resiko yang cukup besar apabila air limbah dibuang langsung ke tanah/aliran air.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah seperti yang dapat kita lihat pada Gambar 1. Semua langkah dilakukan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku, tetapi disesuaikan dengan kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada. Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimental di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra. Penelitian ini dilakukan menggunakan air hasil olahan limbah produksi beton ready-mix PT SCG – Jayamix Readymix, Plant Ringroad, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan bahan tambah accelerator dan mutu beton rencana 25 MPa.

Benda uji yang diperlukan yaitu sejumlah 36 sampel, dengan 3 variasi dan 4 umur beton. Variasi 1 yaitu beton dengan air murni, variasi 2 beton dengan air olahan limbah sebagai substitusi air, dan variasi 3 beton dengan air olahan limbah sebagai substitusi air + bahan tambah accelerator dengan kadar 2% dari total berat semen. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian beton dilaksanakan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Janabadra dengan menggunakan alat uji tekan bermerek Nusantara Lab yang memiliki kapasitas 2000 kN dan sudah terkalibrasi.

Dari hasil penelitian pada beton yang dieksperimenkan akan diperoleh data kuat tekan sebagai variabel untuk dianalisis, diharapkan dari hasil analisis dapat diketahui pengaruh penggunaan air hasil olahan limbah produksi beton ready-mix pada beton baru dengan bahan tambah accelerator terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan dan kelayakan penggunaan air olahan limbah pada pembuatan beton baru.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Agregat

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh data lengkap hasil pengujian agregat seperti berikut :

Tabel 1. Hasil pengujian agregat

Jenis Pengujian	Hasil
Berat jenis agregat kasar	2,697 gr/cm3
Berat jenis agregat halus	2,512 gr/cm3
Berat isi agregat kasar	1,550 gr/cm3
Berat isi agregat halus	1,572 gr/cm3
Kadar air agregat kasar	0,563 %
Kadar air agregat halus	3,467 %
Penyerapan agregat kasar	1,020 %
Penyerapan agregat halus	2,323 %
Keausan agregat kasar	19,368 %
Kadar lumpur agregat halus	2,095 %
Nilai slump rencana	100 ± 2 mm
Ukuran agregat maksimal	20 mm
Gradasi agregat halus	Zona gradasi 3 (pasir agak halus)

Hasil Pemeriksaan Air

Pengujian air dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengecek pH (*power of hydrogen*) air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus yang merupakan indikator sederhana untuk menentukan asam dan basa. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan air

No	Jenis Air	Nilai pH	Indikator
1.	Air Murni	7	Netral
2.	Air Olahan Limbah *ready mix*	14	Basa

Hasil Pemeriksaan Slump

Pada penelitian ini, nilai slump yang direncanakan yaitu 10±2cm. Mutu beton yang direncanakan dikategorikan sebagai beton dengan mutu sedang, yaitu sebesar 25 MPa. Pengujian slump dilakukan dengan cara mengisi kerucut abrams dengan campuran beton sebanyak 3 lapis, setiap lapis yang diisikan kira-kira 1/3 dari kerucut abrams dilakukan penusukan sebanyak 25 kali dengan tongkat penusuk. Cara ini dilakukan berulang hingga lapisan ketiga. Setelah penusukan pada lapisan ketiga selesai, ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan secara vertikal dan lurus. Letakkan kerucut yang telah diangkat tadi di samping campuran beton, lalu tongkat penusuk diletakkan horizontal di atas kerucut abrams, selanjutnya lakukan pengukuran slump dengan penggaris. Selisih dari tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai slump nya. Rata-rata nilai *slump* beton dapat dilihat pada Tabel 3 yang didapatkan dari masing-masing 2 kali pengambilan slump dalam satu kali adukan beton.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan *slump* beton

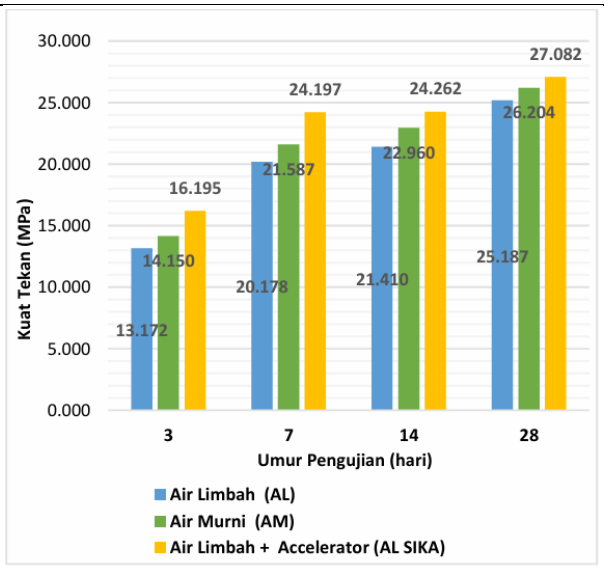
No	Variasi (kode)	Rata-rata Nilai Slump (mm)
1.	Air Murni (AM)	103,750
2.	Air Limbah (AL)	105,625
3.	Air Limbah + Accelerator (AL SIKA)	106,250

Hasil Kuat Tekan Beton

Pada Tabel 4 dapat dilihat data hasil pengujian kuat tekan beton, untuk mempermudah dalam melihat perbandingan dan pengaruh penggunaan air olahan limbah dengan bahan tambah accelerator maka disajikan pula grafik kuat tekan rata-rata beton yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton

No	Umur Uji (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata		
		Air Murni (AM) (MPa)	Air Limbah (AL) (MPa)	Air Limbah + Accelerator (AL SIKA) (MPa)
1.	3	14.150	13.172	16.195
2.	7	21.587	20.178	16.195
3.	14	22.960	21.410	16.195
4.	28	26.204	25.187	16.195



Gambar 2. Hasil kuat tekan rata-rata beton

Pembahasan Kuat Tekan Beton

Dari hasil kuat tekan masing-masing variasi beton yang diperoleh dapat diketahui bahwa kuat tekan beton dengan air limbah mengalami penurunan jika dibandingkan dengan beton dengan air murni. Namun, beton dengan air limbah yang ditambah *accelerator* mengalami kenaikan jika dibanding dengan beton normal (beton dengan air murni). Data persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Persentase penurunan kuat tekan beton

No	Umur Uji (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata		Penurunan (%)	Persentase terhadap beton dengan air murni
		Air Murni (AM) (MPa)	Air Limbah (AL) (MPa)		
1.	3	14.150	13.172	-6.915%	93.08%
2.	7	21.587	20.178	-6.915%	93.47%
3.	14	22.960	21.410	-6.915%	93.25%
4.	28	26.204	25.187	-6.915%	96.12%

Apabila dilihat dari hasil kuat tekannya, beton dengan air limbah cenderung mengalami penurunan dibanding dengan beton dengan air murni. Penurunan kuat tekan tersebut disebabkan karena perbedaan pH antara air murni dan air olahan limbah, seperti yang dijelaskan oleh (Yunianta et al., 2022) dan (Widjaya, 2023) bahwa kuat tekan akan semakin menurun seiring dengan menurun dan meningkatnya nilai pH. Artinya, semakin asam air tersebut maka nilai kuat tekannya semakin menurun, begitu juga semakin basa airnya maka kuat tekannya juga semakin menurun dari air dengan pH normal.

Beton dengan menggunakan air limbah masih memenuhi untuk pembuatan beton baru dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 25.187 MPa, karena persentase kuat tekan beton dengan air limbah terhadap air murni pada umur 7 hari dan 28 hari secara berurutan sebesar 93.47% dan 96.12%. Hal ini berdasarkan (PBI, 1971) yang menyatakan bahwa air dapat digunakan untuk pembuatan beton jika kuat tekan yang dihasilkan pada umur 7 dan 28 hari mencapai paling sedikit 90% dari kuat tekan beton menggunakan air murni. Sehingga air olahan limbah ready mix tersebut layak digunakan untuk pembuatan beton baru.

Tabel 6. Persentase kenaikan kuat tekan beton

No	Umur Uji (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata		Kenaikan (%)	Persentase terhadap beton dengan air murni
		Air Murni (AM) (MPa)	Air Limbah + Accelerator)		
1.	3	14.150	16.195	14.447	114.45%
2.	7	21.587	24.197	12.087	112.09%
3.	14	22.960	24.262	5.671	105.67%
4.	28	26.204	27.082	3.350	103.35%

Dari data di atas, didapatkan nilai kuat tekan pada beton dengan air limbah + accelerator lebih tinggi dari kuat tekan beton dengan air murni. Artinya, penambahan accelerator pada beton yang dibuat dengan air limbah berpengaruh terhadap kuat tekannya. Kuat tekan yang dihasilkan pada beton dengan air limbah + accelerator yaitu sebesar 16.195 MPa pada umur 3 hari, 24.197 MPa pada umur 7 hari, 24.262 MPa pada umur 14 hari, dan 27.082 MPa pada umur 28 hari. Terdapat kenaikan yang cukup tinggi terjadi pada umur yang sama dengan penurunan tertingginya yaitu di umur 3 hari dengan persentase kenaikan sebesar 14.447% jika dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan pada umur 28 hari, kenaikan kuat tekan beton hanya sebesar 3.350%, yang

artinya accelerator dengan merek SikaCim tersebut sesuai dengan peruntukannya yaitu meningkatkan kuat tekan awal beton.

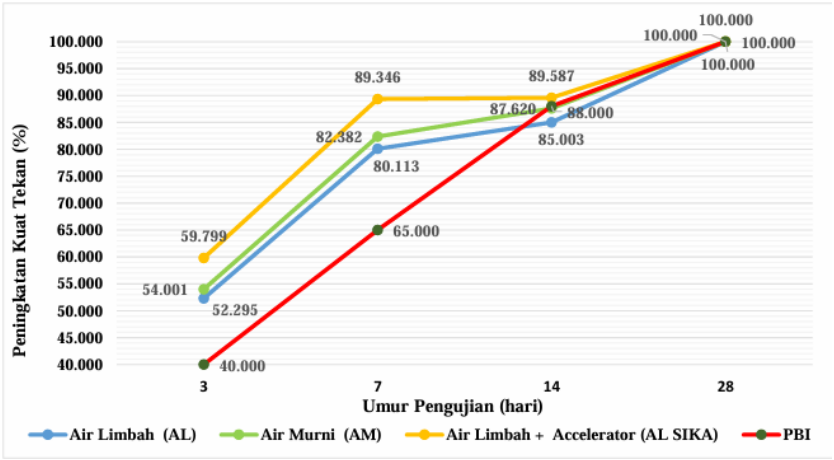
Seiring bertambahnya umur, kuat tekan beton juga mengalami kenaikan, baik pada variasi air murni, air limbah dan, air limbah + accelerator. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari dari masing-masing variasi beton tidak mengalami kenaikan/penurunan yang signifikan.

Pembahasan Peningkatan/Laju Kuat Tekan Beton

Penggunaan air olahan limbah dan bahan tambah accelerator terhadap pembuatan beton baru tentunya berpengaruh terhadap kuat tekannya. Untuk itu, diperlukan pembahasan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh serta peningkatan yang terjadi pada kuat tekan yang dihasilkan terhadap peningkatan kuat tekan teoritis berdasarkan PBI 1971. Pada Tabel 6 dapat dilihat peningkatan kuat tekan beton pada masing masing variasi.

Tabel 6. Peningkatan kuat tekan beton

No	Umur Uji (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata Penurunan Persentase					
		Air Murni (AM) (MPa)	(%)	Air Limbah (AL) (MPa)	(%)	Air Limbah + Accelerator (AL SIKA) (MPa)	(%)
1.	3	14.150	54.001	13.172	52.295	16.195	59.799
2.	7	21.587	82.382	20.178	80.113	24.197	89.346
3.	14	22.960	87.620	21.410	85.003	24.262	89.587
4.	28	26.204	100.000	25.187	100.000	27.082	100.000



Gambar 3. Perbandingan peningkatan kuat tekan beton hasil pengujian dengan kuat tekan teoritis PBI 1971

Dari Gambar 3 dapat dilihat pada pengujian ini, peningkatan kuat tekan beton dengan air olahan limbah + accelerator selalu lebih tinggi dari peningkatan kuat tekan beton variasi lainnya. Pada umur 3 hari dan 7 hari, terjadi peningkatan yang cukup tinggi pada variasi beton dengan air olahan limbah + accelerator yaitu secara berturut-turut sebesar 59,799 % dan 89,346 %. Persentase peningkatan kuat tekan yang terjadi pada variasi beton murni dan beton dengan air limbah tidak mengalami selisih yang tinggi, keduanya sama-sama meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Secara umum peningkatan kuat tekan beton lebih tinggi jika dibanding dengan perkiraan peningkatan kuat tekan berdasarkan PBI 1971. Namun, ada juga peningkatan kuat tekan yang lebih

rendah dari perkiraan peningkatan kuat tekan berdasarkan PBI 1971, yaitu pada variasi beton dengan air murni dan beton dengan air limbah pada umur 14 hari.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

Beton menggunakan air olahan limbah menunjukkan penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 3,88% jika dibandingkan dengan beton dengan air murni, namun masih layak digunakan untuk pembuatan beton baru.

Penambahan accelerator pada beton dengan air olahan limbah memberikan peningkatan kuat tekan pada umur awal beton yaitu 14,447% pada umur 3 hari; 12,087% umur 7 hari, dan 5,671% umur 28 hari jika dibandingkan beton dengan air murni, sehingga memberikan solusi yang baik untuk meningkatkan kualitas beton dengan air olahan limbah.

Kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya umur beton, baik pada variasi air murni, air limbah dan, air limbah + accelerator.

Daftar Pustaka

Armeyn. (2015). Pengaruh Air Limbah Pada Adukan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.

Krisnamurti. (2008). Pengaruh Prosentase Penambahan Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Jurnal Rekayasa, 5(1).

Mulyono, T. (2005). Teknologi Beton. 368.

Nurkholis, M., & Zainudin, H. (2020). Pengaruh Variasi Penambahan Accelerator Admixture Terhadap Kuat Tekan Beton. 5(1).

Pbi. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 7, 130.

Prasetyo, A. H. N. (2021). Studi Ekperimental Pemanfataan Air Limbah Ready Mix Untuk Campuran Pembuatan Beton Baru. 1.

Pujianto, A., Prayuda, H., Zega, B. C., & Afriandini, B. (2019). Kuat Tekan Beton Dan Nilai Penyerapan Dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut Dan Air Sungai. Semesta Teknika, 22(2), 112–122.

Sni-1972-2008. (2008). Cara Uji Slump Beton.

Sni-1974-2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder,Sni 1974-2011. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 20.

Sni 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1 17.

Sni 03-1970-1990. (N.D.). Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 20.

Sni 03-1971-1990. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Badan Standar Nasional Indonesia, 27(5), 6889.

Sni 03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

Sni 03-4142-1996. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 200(200), 1–6.

Sni 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat. Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat, 1–6.

Sni 15-2049-2004. (2004). Semen Portland.

Sni 2417-2008. (2008). Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Badan Standardisasi Nasional, 1–20. Https://Imsippoliban.Wordpress.Com/Wp Content/Uploads/2016/03/5368_Sni 2417_2008.Pdf

Sni 2847-2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan (Aci 318m-14 Dan Aci 318rm-14, Mod). Sni 2847-2019, 8, 720.

Tantular, H. B., Adi, P., Ginting, A., & Santosa, B. (2024). Pengaruh Penggunaan Air Hasil Olahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pada Kuat Tekan Sebagai Bahan Dasar Pada Industri Beton Siap Pakai.

Tjokrodimulyo, Kardiyono. (1996). Teknologi Beton. Edisi Pertama, Biro Penerbit, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Widjaya, I. (2023). Pengaruh Variasi Ph Air Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas Pada Beton (Effect Of Water Ph Variation On Compressive Strength, Split Tensile Strength, And Modulus Of Elasticity In Concrete).

Widodo, S. (2010). Pemanfaatan Air Limbah Produksi Beton Ready-Mix Sebagai Bahan Bahan Campuran Untuk Pembuatan Beton Baru. Jurnal Teknik Sipil, Vi(1).

Yunianta, A., Mabui, D. S., & Irianto. (2022). Pengaruh Power Of Hydrogen (Ph) Air Terhadap Kuat Tekan Beton. 15(2), 8–18.