

Pengaruh Larutan Soda Api Pada Air Sebagai Campuran Beton

Abdianta Rapan ^{*1a}, Benny Kusuma ^{*2}, Luciana Buarlele ^{*3}

Submit :
2 Februari 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia abdntarapan@gmail.com

Review :
7 Februari 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia kusumab06@yahoo.com

Revised :
4 April 2024

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia Luciana.buarlele@gmail.com

Published:
6 Juni 2024

^aCorresponding Author: abdntarapan@gmail.com

Abstrak

Studi ini memanfaatkan penambahan soda api untuk mempercepat pengerasan beton f_c' 20 MPa. Variasi penambahan soda api untuk jenis sampel adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dengan umur pengujian beton 7, 21, dan 28 hari yang dibandingkan terhadap beton normal baik kuat tekan, kuat lentur maupun kuat tarik. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh larutan Soda terhadap campuran beton menyebabkan turunnya mutu beton, campuran beton 0% di dapatkan nilai f_c rata-rata sebesar 20,175 Mpa, pada penambahan variasi 5% penambahan soda api di dapatkan nilai f_c 19,892 Mpa, pada penambahan variasi 10% menghasilkan angka kuat tekan 19,798 Mpa dan pada penambahan 15% menciptakan angka kuat tekan 19,232 Mpa. Nilai rata-rata kuat tarik belah untuk variasi 0%, 5%, 10% dan 15% diperoleh 2,498 Mpa, 2,380 Mpa, 2,215 Mpa dan 2,051 Mpa. Nilai rata-rata kuat tekan lentur pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15% diperoleh 2,964 Mpa, 2,906 Mpa, 2,760 Mpa dan 2,673 Mpa. Pengaruh penambahan soda api untuk mempercepat pengerasan beton berdampak buruk terhadap kuat lentur dan kuat tekan beton.

Kata kunci : Soda Api, Sifat Mekanis Beton

Abstract

In this research, the addition of caustic soda was used to accelerate the hardening of f_c' 20 MPa concrete. Variations in the addition of caustic soda for sample types were 0%, 5%, 10% and 15% with concrete test ages of 7, 21 and 28 days compared to normal concrete in terms of compressive strength, flexural strength and tensile strength. The results of the research show that the effect of the soda solution on the concrete mixture causes a decrease in the quality of the concrete, the 0% concrete mixture gets an average f_c value of 20.175 Mpa, at the addition of a 5% variation the addition of caustic soda gets an f_c value of 19.892 Mpa, at the addition of a 10% variation at get a compressive strength value of 19,798 Mpa and with an addition of 15% you get a compressive strength value of 19,232 Mpa. The average values of split tensile strength at variations of 0%, 5%, 10% and 15% were obtained as 2.498 Mpa, 2.380 Mpa, 2.215 Mpa and 2.051 Mpa. The average values of flexural compressive strength at variations of 0%, 5%, 10% and 15% were obtained as 2.964 Mpa, 2.906 Mpa, 2.760 Mpa and 2.673 Mpa. The effect of adding caustic soda to accelerate concrete hardening has a negative impact on the flexural strength and compressive strength of concrete.

Keywords : Caustic Soda, Mechanical Properties of Concrete

PENDAHULUAN

Meningkatnya pelaksanaan konstruksi berpengaruh terhadap perkembangan dunia teknologi bahan bangunan. Khususnya dibidang konstruksi, Bila menggunakan beton dalam jumlah besar, perlu dibuat beton berkualitas tinggi dari material baku dengan harga murah dan gampang didapatkan.. Beton adalah salah satu material dalam dunia konstruksi yang sangat sering dimanfaatkan untuk membangun berbagai macam bangunan. Pembuatan dan perawatan beton memerlukan air sebagai campuran semen Sehingga ketika melalui proses hidrasi tahap semen mulai berikatan dengan komponen beton dan selanjutnya mengeras hingga menjadi massa padat terjadi reaksi kimia.

Pada saat ini banyak pelaksanaan peningkatan struktur jalan menggunakan beton (*rigid pavement*) maupun pekerjaan gedung di daerah-daerah yang curah hujan yang tinggi dan di daerah pengairan seperti sungai, laut dan daerah yang rawan banjir. Permasalahan yang dapat dilihat dalam hal ini adalah penggunaan campuran beton pada lokasi yang dapat digenangi oleh air pasang surut atau pada daerah rawa atau daerah yang mempunyai keadaan hujan yang tinggi yang dapat mempengaruhi campuran beton sehingga pekerjaan campuran beton mengalami kendala terhadap pengerasan beton yang dapat mempengaruhi mutu beton, karena digenangi oleh air sebelum beton mengeras, pemakaian material yang banyak dijumpai adalah kesalahan dipenggunaan bahan air dan agregat. Dalam pelaksanaan akan menemui kendala terhadap beton. Kesalahan dalam penambahan air pencampur beton dapat mengakibatkan pengenceran pada campuran beton sehingga dapat mempengaruhi nilai *slump* dan pengaruhnya terhadap mutu beton. Untuk mendukung hal tersebut diatas, maka pada penelitian ini akan ditambah bahan kimia (soda api) yang bertujuan untuk mempercepat pengerasan pada beton.

Penelitian oleh Eritson tentang penambahan soda potash, didapatkan nilai kuat tarik belah tertinggi divariasi 7,5% sebanyak 2,475Mpa. Untuk nilai Kuat lentur tertinggi juga pada variasi 7,5% sebanyak 2,795 MPa. Untuk pengujian modulus elastisitas nilai tertinggi dicapai pada variasi 7,5% sebanyak 23419,95Mpa. [1]. Uji kuat tekan beton SCC direndam mencapai 23,37 MPa (rata-rata 15,12 MPa) pada umur 3 hari dengan metode perawatan dengan rendam dalam air, sedangkan beton SCC tidak direndam mencapai 13,91 MPa (rata-rata 13,91 MPa), atau mengalami penurunan sebesar 8,00%. [2]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air laut mempengaruhi kuat tekan dan lentur beton. Beton K200, K250, K300, K350, dan K400 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 17,32%, 16,34%, 16,34%, dan 13,03%. Kuat lentur beton K200 turun sebesar 15,56%, K250 turun sebanyak 16,34%, K300 turun ke 14,93%, dan K350 turun sebanyak 11,11%, dan K400 turun sebanyak 9,33%. [3]. Dalam penelitian ini, beton dengan mutu 30 MPa dan umur 28 hari menunjukkan kuat tekan 20,53 MPa untuk metode perawatan dibiarkan, 30,34 MPa untuk metode perawatan disiram, dan 32,32 MPa untuk metode perawatan direndam.[4]. Hasil pengujian beton kuat tekan dengan air laut mencapai 92,20kg/(9,22MPa) pada umur 3 hari, 136,70kg/ (13,67MPa) pada umur 7 hari, dan 197,40kg/ (19,74MPa) pada umur 28 hari. Ini menunjukkan bahwa penggunaan air laut pada umur 28 hari hampir tidak berdampak pada nilai kuat tekan pada beton. [5]. Dengan campuran *Styrofoam* 60%, beton ringan memiliki kuat tekan 60% dan kaolin 5%, 10%, dan 15%. Hasil tekan dan berat beton bervariasi pada 15%, lebih tinggi dari 5% dan 10%. Kesimpulannya, kaolin dapat digunakan sebagai bahan tambahan pencampuran dibeton ringan.[6]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang ditambahkan *superplasticizer* meningkatkan kuat beton dalam pengujian kuat tekan, sementara beton yang tidak ditambahkan *superplasticizer* menghasilkan waktu ikat semen yang lebih lama. Penambahan *superplasticizer* mengurangi penggunaan air, sehingga faktor air semakin rendah.[7]. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa penggunaan serat kaleng aluminium

mempengaruhi sifat mekanis beton. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa campuran beton umur 28 hari memiliki nilai persentase optimal untuk kuat tekan 0,041%, kuat tarik belah 0,061%, dan kuat tarik lentur 0,060%.[8]. Pemanasan benda uji dengan rasio 0,55:1 meningkatkan kuat tekannya sekitar 2 kali dan dengan rasio 0,825:1 meningkatkan kuat tekannya sekitar 3,5 kali jika dibandingkan dengan benda uji yang dirawat pada suhu ruangan selama satu hari. Ini adalah hasil dari pemanasan benda uji, yang mempercepat proses reaksi kimia dan meningkatkan kuat tekan. [9]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton K-400 + SP1% yang dirawat dengan air tawar mencapai nilai kuat tekan tertinggi dengan 423,9kg/cm² pada benda uji yang direndam dengan air laut selama 28 hari. Beton K-400 + SP 1% yang dicuring dengan air laut mengalami pengurangan nilai, namun tetap mencapai ketentuan perencanaan dengan angka kuat tekannya 408,1kg/cm². Uji beton yang memanfaatkan material tambahan SuperPlasticizer menunjukkan bahwa beton yang dirawat dengan air laut memiliki pori-pori di dasarnya. Ini adalah bukti bahwa beton yang dicuring dengan air laut memiliki kuat tekan yang lebih baik.[10]

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Material

Lokasi pengambilan material terletak pada Sungai Jeneberang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Material

B. Trial Mix

Agar diketahui apakah perhitungan komposisi campuran yang telah dihitung bisa mencapai nilai kuat tekan rencana maka dilakukan *trial mix* dengan menggunakan 3 hari sebagai faktor umur pengujian. Perencanaan angka kuat tekan adalah 20 MPa dengan jumlah benda uji yang digunakan yaitu 3 silinder.

C. Proses Pembuatan Bahan Uji

Dalam membuat bahan uji akan diproses jika daya yang didapatkan dari proses uji coba yang dilakukan sudah mencapai mutu beton perencanaan. Benda uji dibuat sebanyak 60 sampel yang mana terdiri dari 36 bahan uji untuk kuat tekan, 12 bahan uji untuk kuat tarik belah dan 12 sampel untuk kuat lentur.

D. Karakteristik Material

Dalam penelitian ini, agregat yang digunakan untuk campuran harus diperiksa karakteristiknya sebelum digunakan sebagai benda uji untuk menjamin kualitas mutunya. Pengujian karakteristik agregat dilakukan berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik Agregat Kasar

AGREGAT KASAR				
No.	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	0,949	0.5% - 2.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,908	0.2% - 1.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,700	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	0,604	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1613,51	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1540,357	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	6,991	5,50 - 8,50	Memenuhi

Dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar, semuanya memenuhi spesifikasi SNI yang digunakan sehingga dapat untuk digunakan dalam pembuatan campuran

Tabel 2. Karakteristik Agregat Halus

AGREGAT HALUS				
No.	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	3,628	3.0% - 5.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	1,937	0.2% - 6.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,614	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	1,574	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1592,767	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1413,522	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	2,661	2,20 - 3,10	Memenuhi

Dari pemeriksaan karakteristik agregat halus juga memenuhi spesifikasi SNI yang digunakan pada masing-masing pemeriksaan sehingga dapat untuk digunakan dalam pembuatan campuran.

E. Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*) Perawatan Benda Uji

Setelah dilaksanakan pemeriksaan sifat material dan dan hasil perhitungan *mix design* kuat tekan rencana $f'c = 20$ MPa dengan *Mix Design* Metode SNI-03-2834-2000, Berikut hasil nilai komposisi proporsi campuran beton *mix design*.

- a. Semen *Portlant* = 426,25Kg/m³
- b. Air = 204,6Kg/m³
- c. Agregat Halus = 636,18Kg/m³
- d. Agregat Kasar = 1130,98Kg/m³

Jumlah proporsi campuran beton adalah **12,708 Kg**

Penelitian ini merencanakan nilai *slump* antara 30 mm dan 60 mm. Hasil uji *slump* yang dilakukan pada beton yaitu sebesar 40 mm



Gambar 2. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton dimulai ketika sampel mencapai hari ke-7, 21, dan 28. Hal ini dilakukan dengan memakai alat uji kuat tekan agar dicari kuat tekan tertinggi pada beton dengan beban tekan (P) yang dinyatakan dengan kN. Berikut hasil pengujian pada bahan uji.

Tabel 3. Variasi Soda Api 0%

Variasi Substitusi	Umur	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
0%	7 hari	250	14.141	13.859
		240	13.576	
		245	13.859	
	21 hari	330	18.667	19.327
		355	20.081	
		340	19.232	
	28 hari	365	20.646	20.175
		355	20.081	
		350	19.798	

Tabel 4. Variasi Soda Api 5%

Variasi Substitusi	Umur	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan Aktual Mpa	Rata-rata Kuat Tekan Aktual (Mpa)
5%	7 hari	235	13.293	13.576
		240	13.576	
		245	13.859	
	21 hari	330	18.667	19.138
		340	19.232	
		345	19.515	
	28 hari	355	20.081	19.892
		355	20.081	
		345	19.515	

Tabel 5. Variasi Soda Api 10%

Variasi Substitusi	Umur	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan Aktual Mpa	Rata-rata Kuat Tekan Aktual (Mpa)
10%	7 hari	220	12.444	12.916
		235	13.293	
		230	13.010	
	21 hari	335	18.949	19.044
		345	19.515	
		330	18.667	
	28 hari	355	20.081	19.798
		360	20.364	
		335	18.949	

Tabel 6. Variasi Soda Api 15%

Variasi Substitusi	Umur	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tekan Aktual Mpa	Rata-rata Kuat Tekan Aktual (Mpa)
15%	7 hari	235	13.293	13.576
		240	13.576	
		245	13.859	
	21 hari	315	17.818	18.478
		340	19.232	
		325	18.384	
	28 hari	345	19.515	19.232
		335	18.949	
		340	19.232	

B. Kuat Tarik Belah

Proses uji diawali ketika sampel berada pada hari ke-28 dengan memanfaatkan mesin tekan agar diketahui gaya tarik beton yang paling tinggi, yang ditunjukkan dalam kN, dan beban yang diterima (P).

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (*f_t*)

Variasi Substitusi	Umur	Berat Benda Uji Sebelum Diuji (kg)	Beban Maksimum (Kn)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Rata-rata Kuat Tarik Belah (Mpa)
0%	28 hari	12.34	170	2.404	2.498
		12.54	175	2.475	
		12.68	185	2.616	
5%	28 hari	12.36	160	2.263	2.380
		12.38	170	2.404	
		12.46	175	2.475	
10%	28 hari	12.39	150	2.121	2.215
		12.46	145	2.051	
		12.56	175	2.475	
15%	28 hari	12.48	150	2.121	2.051
		12.42	140	1.980	
		12.56	145	2.051	

C. Kuat Lentur

Proses dilaksanakan saat bahan uji sampai dihari ke-28, sampel dengan bentuk balok dengan ukuran 600mm × 150mm × 150mm, dengan memakai mesin uji lentur dengan memberikan dua titik pembebanan.

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Lentur

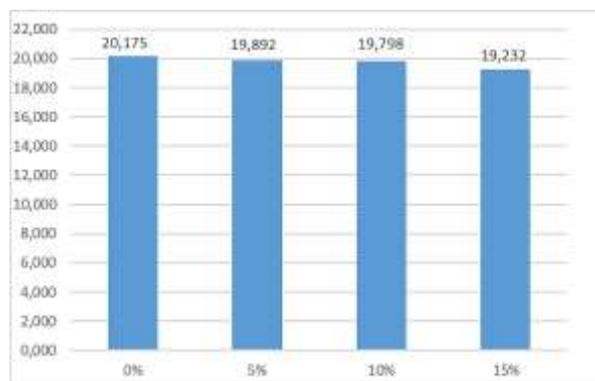
Variasi Substitusi	Umur	Beban Maksimum (ton)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Lentur (Mpa)	Rata-rata Kuat Lentur Beton (Mpa)
0%	28 hari	1.70	16671.390	2.964	2.964
		1.65	16181.055	2.877	
		1.75	17161.725	3.051	
5%	28 hari	1.60	15690.720	2.789	2.906
		1.75	17161.725	3.051	
		1.65	16181.055	2.877	
10%	28 hari	1.60	15690.720	2.789	2.760
		1.55	15200.385	2.702	
		1.60	15690.720	2.789	
15%	28 hari	1.50	14710.050	2.615	2.673
		1.65	16181.055	2.877	
		1.45	14219.715	2.528	

PEMBAHASAN

A. Kuat Tekan



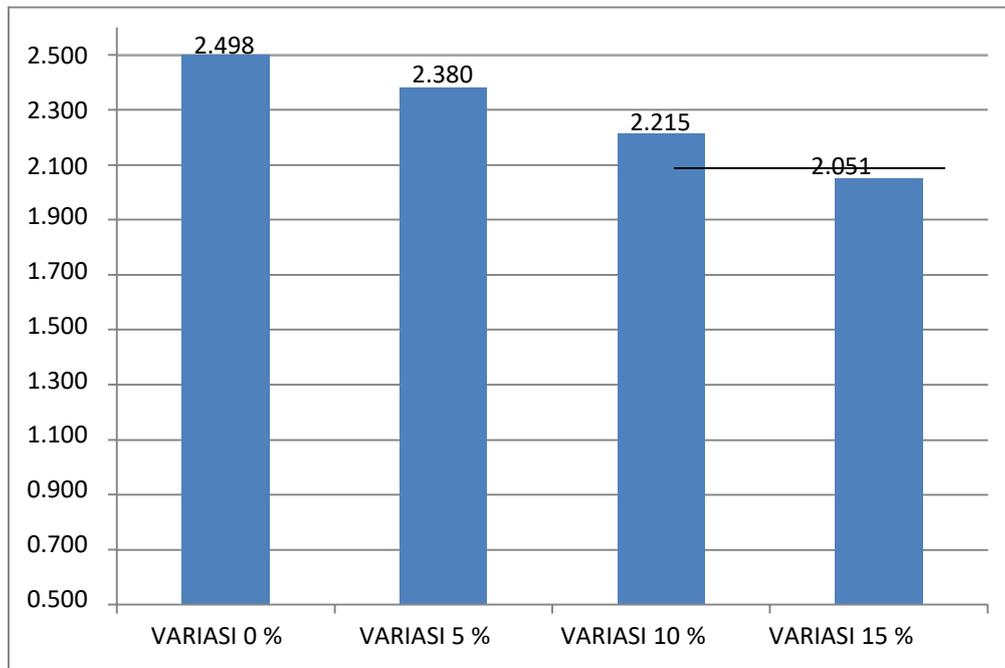
Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Aktual



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton di hari ke-28

Dari grafik di atas memperlihatkan jika angka kuat tekan beton divariasi 0 % mencapai mutu rencana f_c 20,175 Mpa, kemudian terjadi penurunan nilai kuat tekan pada penambahan variasi larutan soda api 5%, 10%, dan 15%

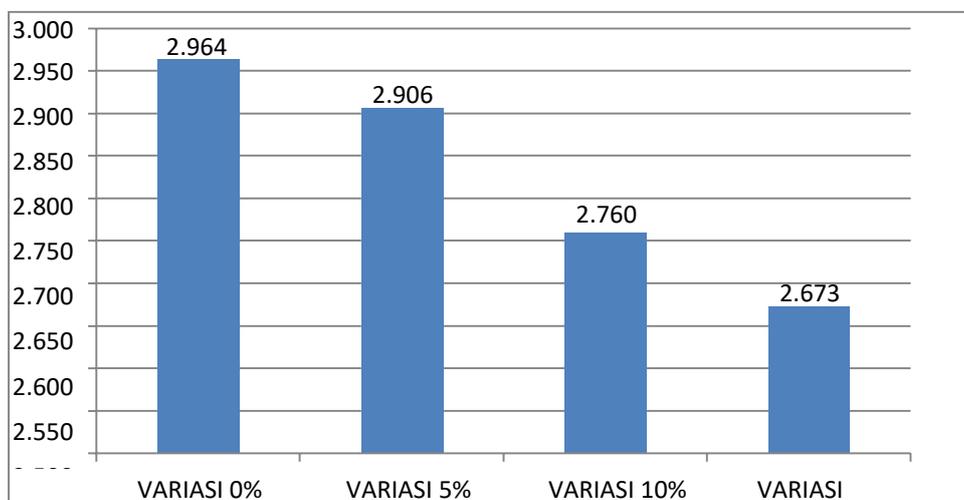
B. Kuat Tarik Belah



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Dari grafik di atas, menunjukkan bahwa angka kuat tarik belah pada variasi 0% adalah sebesar 2,498 Mpa dan setelah di tambahkan variasi larutan soda api sebesar 5%, 10%, 15% terjadi penurunan angka tarik belah beton.

C. Kuat Lentur



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur

Dari grafik kuat tekan lentur di atas, menyatakan jika dengan bertambah besar nilai variasi larutan soda api mengakibatkan turunnya nilai kuat tekan lentur yang di peroleh.

D. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Pada Beton

Hubungan antara kuat tekanan pada beton ($f'c$) dan kuat tarik belah beton (ft) dilaksanakan agar diketahui angka persentase kuat tarik belah (ft) terhadap kuat tekan beton ($f'c$). Menurut data yang diperoleh dari uji kuat tekan beton ($f'c$) ketika mencapai hari ke-28 divariasi 0%, 5%, 10%, dan 15% di dapatkan sebanyak 20,175 MPa, 19,892 MPa, 19,798 MPa, dan 19,232 MPa adapun nilai yang diperoleh dari uji kuat tarik belah beton (ft) pada variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dapatkan angka rata-rata sebanyak 2,498 MPa, 2,380 MPa dan 2,215 MPa dan 2,05 MPa.

Variasi Substitusi	Rata-rata (Mpa)		Persentase (%)
	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah	
0%	20.175	2.498	12.383
5%	19.892	2.380	11.967
10%	19.798	2.215	11.190
15%	19.232	2.051	10.662

Tabel 9. Persentase Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Kuat Tarik Belah

E. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Hubungan antara kuat tekanan beton (fc) dan kuat lentur beton (fr) diproses agar diketahui angka koefisien korelasi antara kuat tekan (fc) dan kuat lentur beton (fr). Menurut data yang diperoleh dari uji kuat tekan beton (fc) divariasi 0%, 5%, 10%, dan 15% di dapatkan angka 20,175 MPa, 19,892 MPa, dan 19,798 MPa, dan 19,232 adapun data pengujian kuat tarik belah beton (ft) pada variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% didapatkan angka rata-rata sebanyak 2,964 MPa, 2,906 MPa, 2,760 MPa dan 2,673 MPa.

Tabel 10. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Lentur

Variasi	Rata - rata (Mpa)		Nilai Koefisien Korelasi (x)
	Kuat Tekan	Kuat Lentur	
0%	20.175	2.964	0.572
5%	19.892	2.906	0.565
10%	19.798	2.760	0.538
15%	19.232	2.673	0.528

KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh larutan soda api terhadap campuran beton menyebabkan turunnya mutu beton. Menurut perolehan dari pengujian kuat tekan beton Ketika mencapai hari ke-28 mengalami penurunan. Pada variasi 0% didapatkan nilai 20,175 Mpa, pada penambahan variasi 5% mengalami penurunan 0,986%, pada penambahan variasi 10% mengalami penurunan 0,981% dan pada penambahan variasi 15% mengalami penurunan 0,953%.

2. Hasil penelitian menunjukkan hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada beton 0% didapatkan 12,383%, pada variasi 5% didapatkan 11,967%, pada variasi 10% didapatkan 11,190% dan pada variasi 15% didapatkan 10,662% ,sedangkan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton pada variasi 0% didapatkan nilai koefisien korelasi 0,572, pada variasi 5% didapatkan 0,565, pada variasi 10% didapatkan 0,538 dan pada variasi 15% didapatkan 0,528

REFERENSI

- [1] E. Prasetiawan, F. Phengkarsa, dan D. Sandy, "Pengaruh Penambahan Soda Potash Pada Air Sebagai Campuran Beton," *pcej*, vol. 5, no. 3, pp. 525–530, Sep. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i3.719.
- [2] I. Agus dan R. Riska, "Analisis Pengaruh Perawatan Terhadap Nilai Kuat Tekan Pada Beton Self-Compacting Concrete (SCC)," *JMI*, vol. 12, no. 2, pp. 38–44, Oct. 2023, doi: 10.55340/jmi.v12i2.1436.
- [3] Uu Saepudin, W. Sumarno, dan C. Ega Mardiana, "Analisis Penurunan Mutu Beton Struktural Akibat Pengaruh Air Laut Pada Masa Pemeliharaan," *JMT*, vol. 9, no. 2, pp. 229–235, Mar. 2023, doi: 10.25157/jmt.v9i2.2928.
- [4] E. Evert dan W. Kushartomo, "Analisis Perbandingan Perawatan Beton Terhadap Mutu Beton," *j. mitra teknik sipil*, pp. 37–44, Feb. 2024, doi: 10.24912/jmts.v7i1.24925.
- [5] I. Agus, "Pemanfaatan Air Laut Pada Beton Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan," *JMI*, vol. 11, no. 2, pp. 63–67, Oct. 2022, doi: 10.55340/jmi.v11i2.1004.
- [6] M. Fauzi, N. Puspita, dan R. R. Julio, "Pengaruh Penambahan Kaolin Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Pada Beton Ringan," *J. Tekno Glob.*, vol. 11, no. 2, pp. 45–50, Dec. 2022, doi: 10.36982/jtg.v11i2.2802.
- [7] R. Rachman, "Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi," dalam *Teknologi Bangunan dan Material*, Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 11–21
- [8] M. R. Firdaus, S. Nisumanti, dan K. Al Qubro, "Pengaruh Pengerasan Beton Menggunakan Superplasticizer Terhadap Kuat beton Busa," *J. Tekno Glob.*, vol. 11, no. 2, pp. 56–61, Dec. 2022, doi: 10.36982/jtg.v11i2.3049.
- [9] S. Indra, M. Erfan, R. Andinisari, dan N. Rachma Aprilia, "Pengaruh Serat Limbah Kaleng Aluminium Pada Campuran Beton Terhadap Karakteristik Mekanis Beton," *semsina*, vol. 4, no. 01, pp. 284–295, Dec. 2023, doi: 10.36040/semsina.v4i01.8063.
- [10] K. A. Wibowo, D. Christianto, dan J. Widjajakusuma, "Peningkatan Kuat Tekan Pada Beton Geopolimer Akibat Metode Perawatan Dipanaskan," *j. mitra teknik sipil*, pp. 79–86, Feb. 2024, doi: 10.24912/jmts.v7i1.25150.
- [11] R. D. Adh, H. R. Destania, dan G. Amalia, "Perbandingan Pengaruh Penggunaan Air Tawar Dan Air Laut Pada Proses Curing Terhadap Kuat Tekan Beton," *Teknika*, vol. 9, no. 2, p. 82, Jan. 2023, doi: 10.35449/teknika.v9i2.224.