

STUDI KEKUATAN LENTUR BETON YANG MENGGUNAKAN VARIASI SUHU AIR PANAS

Syarifuddin^{1*}, Muhammad Numan², Evayanti Tirtania Lantang³, Ilham⁴

^{1,2,3} Dosen Prodi Teknik Sipil, STITEK Dharma Yadi Makassar

⁴ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, STITEK Dharma Yadi Makassar
Jalan Sukaria 22 Kota Makassar, Indonesia

^{*)}syarif.7019@gmail.com

Received: 5 Februari 2025 Revised: 20 Maret 2025 Accepted: 20 Juni 2025

ABSTRAK

Suhu air berperan sangat penting dalam campuran beton. Selain bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen, air juga membantu mencampur bahan-bahan beton menjadi homogen dan merata, meningkatkan workability dan penggunaan suhu air yang tepat sangat penting untuk mencapai kekuatan beton yang optimal. Air menyebabkan reaksi hidrasi semen sehingga menimbulkan panas hidrasi. Hidrasi semen merupakan reaksi kimia yang menyebabkan pasta semen mengeras dan mengikat agregat menjadi satu kesatuan yang kuat. Oleh karena itu, variasi suhu air pada campuran beton dapat mempercepat maupun memperlambat proses hidrasi yang akan menentukan kekuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penggunaan air panas pada campuran beton dapat mempengaruhi sifat mekanik beton, khususnya kekuatan tekan dan kekuatan lentur beton. Kedua sifat mekanik tersebut sangat penting dalam perencanaan struktur beton. Komposisi material semen, pasir dan batu pecah pada campuran beton direncanakan dengan mutu beton f'_c 32,5 MPa. Sampel penelitian adalah beton yang proses pembuatannya di campur menggunakan air bersuhu 25°C, 50°C dan 100°C. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tekan dan uji lentur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi pada beton yang menggunakan air bersuhu 50°C dan kuat lentur tertinggi pada beton yang menggunakan air bersuhu 25°C. Hasil perhitungan modulus retak menurut SNI 2847:2019 berbeda dengan hasil pengujian lentur di laboratorium, sehingga faktor modifikasi λ perlu di koreksi. Penggunaan air panas dalam campuran beton dapat mempengaruhi proses hidrasi semen, yang berdampak pada kuat tekan dan kuat lentur beton.

Kata kunci: Air panas; Beton; Kuat tekan; Kuat lentur; Faktor modifikasi

ABSTRACT

Water temperature plays a very important role in mixing concrete. In addition to reacting with cement to form cement paste, water also helps mix concrete ingredients to make them homogeneous and even, increasing workability and using the right water temperature is very important to achieve optimal concrete strength. Water causes a hydration reaction in the cement, thus producing heat of hydration. Cement hydration is a chemical reaction that causes the cement paste to harden and bind the aggregates together into a strong unit. Therefore, variations in the water temperature in the concrete mix can speed up or slow down the hydration process, which determines the concrete's strength. This research aims to determine how the use of hot water in concrete mixtures can affect the mechanical properties of concrete, especially the compressive strength and flexural strength of concrete. These two mechanical properties are very important in the design of concrete structures. The composition of cement, sand, and crushed stone in the concrete mixture was planned with a concrete quality f'_c of 32,5 MPa. The research sample was concrete whose product process used water at temperatures of 25°C, 50°C, and 100°C. The research conducted included compression tests and flexural tests. The test results show that the highest compressive strength is found in concrete using water at a temperature of 50°C and the highest flexural strength is found in concrete using water at a temperature of 25°C. The results of the modulus of rupture calculation according to SNI 2847:2019 differ from the results of the flexural test in the laboratory, so the modification factor λ needs to be corrected. The use of hot water in the concrete mixture can affect the cement hydration process, which has an impact on the compressive and flexural strength of the concrete.

Keywords: Hot water; Concrete; Compressive strength; Flexural strength; Modification factor

PENDAHULUAN

Air salah satu bahan utama dalam campuran beton, bersama semen, agregat, dan lain-lain. Air sebagai bahan yang bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen yang mengikat agregat. Perannya yang sangat penting dalam proses hidrasi semen, sehingga memungkinkan beton untuk mengeras dan menjadi kuat. Oleh karena itu, air sebagai bahan reaksi atau bahan pengaktif dalam campuran beton. Penggunaan air pada suhu tertentu dapat mempengaruhi kekuatan beton. Suhu air dapat mempengaruhi proses hidrasi semen dan laju reaksi kimia yang terjadi dalam campuran beton.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, *workability* beton dipengaruhi oleh suhu air yang digunakan. Beton yang dibuat dengan menggunakan air panas mengalami pengentalan (pengerasan) karena proses penguapan yang berlangsung cepat. Terhadap beton normal, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 58,12% beton yang menggunakan air panas dan penurunan kuat tekan sebesar 1,56% beton yang menggunakan air dingin. Berat volume meningkat 2,75% pada air dingin dan menurun sebesar 1,38% pada air panas (Syarifuddin, 2013). Bertambahnya suhu pada beton menyebabkan penurunan pada kuat tekan, kuat tekan menunjukkan penurunan yang relative kecil dengan suhu normal. Hal ini disebabkan karena ikatan semen dan agregat mengalami retakan halus atau retak rambut dikarenakan suhu hidrasi yang tinggi pada waktu *setting time* awal pada beton (Harahap, & Hariyanto, 2013). Suhu panas mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan beton dan laju reaksi hidrasi pada beton. Peningkatan laju reaksi hidrasi Calsium Silikat-Hidrat (C-S-H) yang merupakan pengikat material penyusun beton dan curing beton, hal tersebut yang mengakibatkan suhu 47°C paling mempengaruhi terhadap peningkatan kuat tekan beton (Hardiani, Rifqi, & Khomari, 2020).

Air temperatur ekstrim yang ditambahkan accelerator dan retarder sebagai bahan pembentuk beton berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton menggunakan air temperatur normal tanpa penambahan accelerator dan retarder. Workabilitas beton yang menggunakan air bertemperatur ekstrim dipengaruhi oleh penambahan accelerator dan retarder (Aulia, & Amalia, 2020). Air dingin dan air panas menggunakan accelerator dan retarder sebagai bahan campuran beton mutu tinggi berpengaruh signifikan dibandingkan dengan beton menggunakan campuran air dingin tanpa accelerator dan retarder (Satria, Aulia, & Mahlil, 2022).

Suhu waktu pengecoran tidak signifikan mempengaruhi kuat tekan dan tarik beton yang dihasilkan. Suhu pada saat pengecoran berpengaruh terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton tetapi tidak terlalu signifikan karena masih berada pada nilai kuat tekan beton yang direncanakan (Rombe, Mara, & Sandy, 2020).

Mutu beton bisa meningkat dengan proses pemeliharaan (curing) sebelum beton siap digunakan. Kuat tekan beton yang lebih optimal adalah kuat tekan beton pada curing suhu tinggi. Laju kenaikan kuat tekan beton pada curing suhu tinggi lebih besar dibandingkan dengan laju kenaikan kuat tekan beton pada curing suhu normal dan curing suhu rendah (Mooy, Simatupang, & Frans, 2017). Kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari mengalami penurunan setelah di oven. Hasil analisis mikroskopis pada foto SEM menunjukkan bahwa adanya rongga pada struktur beton akibat pengaruh panas. Perendaman air laut mengakibatkan garam mengkristal di dalam rongga beton dan menutup sebagian pori-pori rongga beton, sehingga memperlambat proses pengikatan semen dan menurunkan kekuatan beton yang berpengaruh pada penurunan gaya tekan beton (Fauzi, Puspita, & Iswana, 2022).

Peneliti lain menemukan korelasi kuat lentur dan kuat tekan beton, meskipun campuran beton tidak menggunakan air panas. Hasil korelasi kuat lentur dengan kuat tekan beton benda uji balok dan silinder, mendapatkan nilai korelasi pada perawatan 14 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif superplasticizer 0,5% didapat persamaan bahwa $f_s = K\sqrt{f_c}$: nilai K sebesar 0,96 dan 0,87, sedangkan pada perawatan 28 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif superplasticizer 0,5% didapat persamaan bahwa $f_s = K\sqrt{f_c}$: nilai K sebesar 0,86 dan 0,99 (Suryani, Dewi, & Harmiyati, 2018). Kuat lentur balok umur uji kurang 28 hari nilainya relatif lebih kecil jika menggunakan formula SNI 2847:2013 dibanding hasil uji balok lenturnya sendiri (Suhendra, 2017). Hubungan antara kuat lentur dengan kuat tekan secara menyeluruh akurat pada pengujian beton umur 28 hari, apabila usia pengujiannya kurang, nilai kuat lentur dengan memakai formula pada dasarnya hasil kuat tekan relatif lebih rendah (Pratama, Naibaho, & Bangun, 2023). Serat dramix memberikan kontribusi secara baik dari segi tegangan, sehingga mutu beton yang dihasilkan semakin meningkat ini juga diakibatkan sebaran serat yang semakin merata kesegala arah sehingga menghasilkan nilai kuat tekan dan lentur beton yang baik pula (Hermansyah, Widyawati, Fardila, & Gunawan, 2022).

METODOLOGI

Parameter Pengujian

Parameter pengujian sampel beton yang digunakan seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pengujian

No	Pengujian	Inisial Sampel	Suhu Air (°C)	FAS	Jumlah Sampel Menurut Umur Pengujian	
					14 hari	28 hari
1	Kuat tekan (silinder)	S25	25	0,51	5	5
		S50	50	0,51	5	5
		S100	100	0,51	5	5
2	Kuat lentur (balok)	B25	25	0,51	-	5
		B50	50	0,51	-	5
		B100	100	0,51	-	5

Material dan Sampel Uji

Material penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dan air. Air yang digunakan bervariasi berdasarkan suhu air, yaitu 25°C, 50°C dan 100°C. Suhu air pada temperatur 25°C merupakan suhu normal. Komposisi campuran per m³ beton dengan nilai fas 0,47, semen 396 kg, air 186 kg, 513,3 kg agregat halus, 1197,7 kg agregat kasar, dan 2331 kg/m³ berat volume beton basah.

Sampel uji tekan yang digunakan adalah silinder beton berukuran tinggi 300 mm dengan penampang berdiameter 150 mm. Sedangkan sampel uji lentur menggunakan balok beton berukuran panjang 600 mm dengan penampang persegi bersisi 150 mm.

Material dan sampel uji dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Material dan sampel uji

Prosedur Perhitungan

Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974-2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder beton. Kuat tekan beton (f'_c) dihitung menurut persamaan 1.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana P adalah beban tekan (kg) dan A luas bidang tekan (cm²).

Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 4431-2011 tentang cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan 2.

$$f_r = \frac{P L}{b h^2} \quad (2)$$

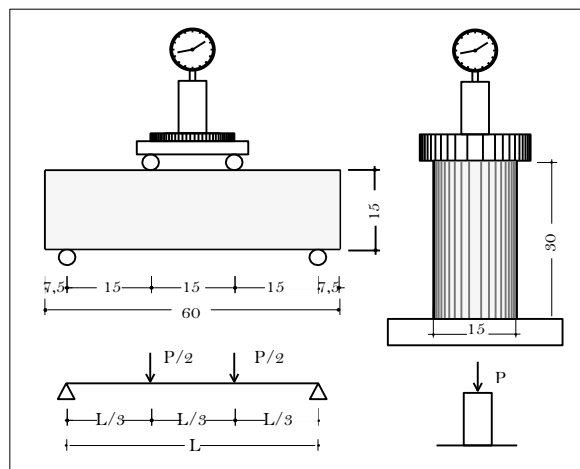
dimana P adalah beban lentur (kg), L panjang sampel balok beton (cm), b dan h adalah lebar dan tinggi penampang balok beton (cm).

Untuk pengujian dimana patahan benda uji diluar jarak titik kedua pembebanan, dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara kedua titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan 3.

$$f_r = \frac{P a}{b h^2} \quad (3)$$

dimana a adalah jarak rata-rata antara penampang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).

Untuk benda uji yang patahnya di luar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, maka hasil pengujian tidak digunakan.



Gambar 2. Idealisasi Pengujian Sampel Balok dan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine (CTM)* dan pengujian kuat lentur menggunakan *Hydraulics Concrete Beam Test*. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Material dan sampel uji

Menurut (Nawy, 1998), daerah praretak berhenti pada saat mulainya retak lentur pertama dimana tegangan beton mencapai kekuatan modulus rupturennya, f_r . Serupa dengan tes tarik belah langsung, modulus *rupture* beton sebanding dengan akar kekuatannya. Untuk keperluan desain, besarnya modulus tersebut untuk beton berbobot normal dapat diambil sebagai:

$$f_r = 7,5 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Psi}) \quad (4)$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 19.2.3.1, modulus retak beton (f_r) dapat dihitung menurut persamaan 5.

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad (\text{MPa}) \quad (5)$$

dimana λ adalah faktor modifikasi. Untuk beton berbobot normal bernilai $\lambda = 1$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

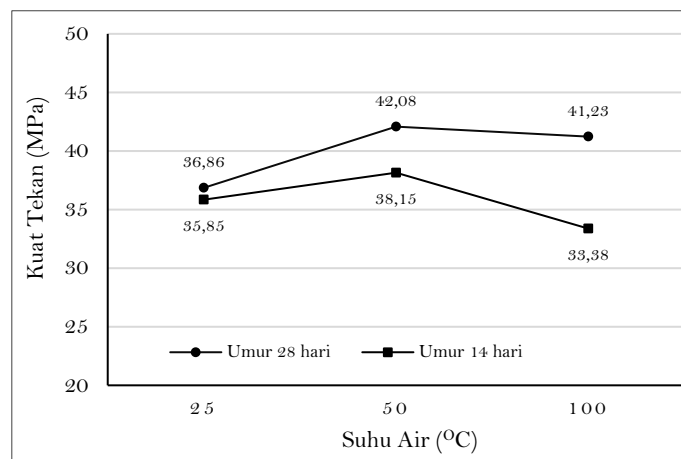
Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Umur Sampel (hari)	Inisial Sampel	Suhu Air (°C)	Berat Rata-rata (kg)	Beban Rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	14	SN	25	12,4	633,2	35,85
		S50	50	12,5	673,9	38,15
		S100	100	12,1	589,5	33,38
2	28	SN	25	12,4	651,1	36,86
		S50	50	12,2	743,3	42,08
		S100	100	12,4	728,2	41,23

Tabel 2 memperlihatkan pada umur sampel 14 hari, kuat tekan rata-rata 35,85 MPa (SN), 38,15 MPa (S50), 33,38 MPa (S100). Sedangkan pada umur sampel 28 hari, kuat tekan rata-rata 36,86 MPa (SN), 42,08 MPa (S50), 41,23 MPa (S100). Hal ini membuktikan bahwa air pada suhu 50°C dapat digunakan sebagai bahan campuran beton karena meningkatkan kekuatan tekan beton.



Gambar 4. Korelasi Suhu Air Terhadap Kuat Tekan Beton

Gambar 4 menggambarkan grafik korelasi suhu air terhadap kuat tekan beton. Pada umur 14 hari kuat tekan meningkat 6,43% pada S50 dan menurun 6,90% pada S100. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan meningkat 14,16% pada S50 dan meningkat 11,84% pada S100. Ini menunjukkan terjadinya peningkatan kuat tekan beton akibat penggunaan air panas dan kuat tekan terbesar terjadi pada sampel S50 berumur 28 hari.

Menurut hasil penelitian terdahulu (Harahap, & Hariyanto, 2013), kekuatan tekan beton menggunakan suhu air 25°C pada umur 14 hari meningkat pada suhu air 40°C dan 75°C. Hasil penelitian lainnya (Hardiani, Rifqi, & Khomari, 2020) mengatakan, suhu 47°C paling mempengaruhi terhadap peningkatan kuat tekan beton.

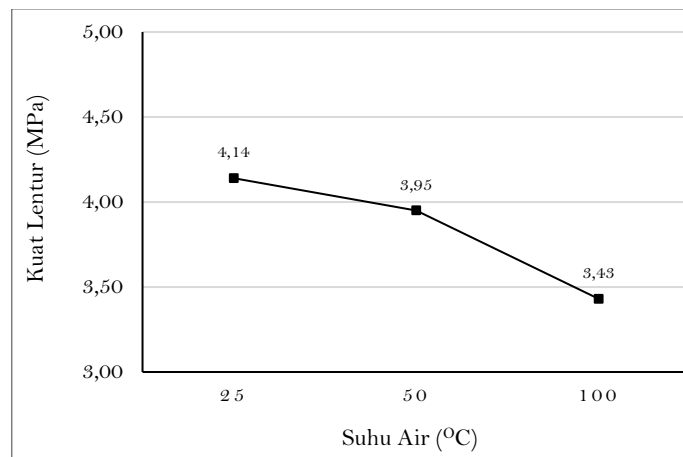
Kuat Lentur Beton

Hasil pengujian kuat lentur dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Inisial Sampel	Suhu Air (°C)	Berat Rata-rata (kg)	Beban Rata-rata (kN)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
1	B25	25	31,3	31,08	4,14
2	B50	50	30,9	29,65	3,95
3	B100	100	31,4	25,72	3,43

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi suhu air. Terjadi kesamaan pola keruntuhan pada seluruh sampel balok, yaitu patah pada daerah $1/3 L$, bentang diantara dua beban, sehingga perhitungan kuat lentur menggunakan rumus persamaan 2. Kuat lentur rata-rata sampel B25 sebesar 4,14 MPa, sampel B50 sebesar 3,95 MPa, dan sampel B100 sebesar 3,43 MPa. Hasil ini menunjukkan terjadinya penurunan kuat lentur beton seiring peningkatan suhu air.



Gambar 5. Korelasi Suhu Air Terhadap Kuat Lentur

Gambar 5 menunjukkan grafik korelasi suhu air terhadap kuat lentur rata-rata sampel balok beton S25, S50, dan S100. Perbandingan terhadap nilai kuat lentur sampel S25 (4,14 MPa), sampel S50 menurun sebesar 0,19 MPa (4,59%) dan sampel S100 menurun sebesar 0,71 MPa (17,15%). Grafik menggambarkan bahwa kekuatan lentur menurun seiring peningkatan suhu air.

Korelasi Modulus Retak dan Kuat Tekan Beton

Hubungan modulus retak dan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 6.

Tabel 4. Modulus Retak Beton dan

No	Inisial Sampel	Suhu Air (°C)	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Retak (MPa)	Nilai Korelasi ($\lambda=1$)	Faktor Modifikasi ($K=0,62$)	Kuat Lentur (MPa)	Perbedaan Nilai (MPa)
1	B25	25	36,86	3,76	0,68	1,10	4,14	0,38
2	B50	50	42,08	4,02	0,61	0,98	3,95	0,07
3	B100	100	41,23	3,98	0,53	0,86	3,43	0,55

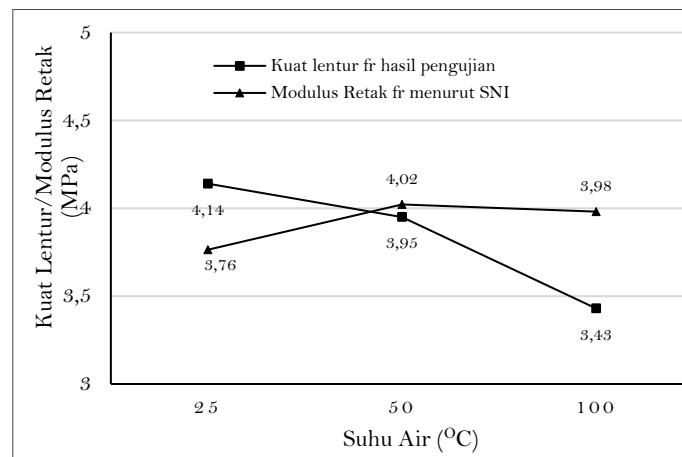
Tabel 4 menampilkan modulus retak balok beton. Terjadi perbedaan nilai kuat lentur hasil pengujian di laboratorium dengan hasil perhitungan modulus retak menurut SNI 2847:2019. Diperoleh nilai modulus retak f_r sampel B25 sebesar 3,76 MPa, sampel B50 sebesar 4,02 MPa, dan sampel B100 sebesar 3,98

MPa. Bila diasumsikan nilai faktor modifikasi $\lambda = 1$ dipertahankan sesuai ketentuan SNI 2847:2019 untuk beton normal, maka nilai korelasi kuat lentur terhadap kuat tekan sebesar 0,68 (B25), 0,61 (B50), dan 0,53 (B100). Nilai ini tidak sesuai dengan ketentuan dalam SNI 2847:2019, dimana koefisien korelasi adalah 0,62. Bila koefisien korelasi 0,62 dipertahankan, maka faktor modifikasi λ antara hasil pengujian kuat lentur terhadap kuat tekan berturut-turut sebesar 1,10 (B25), 0,98 (B50), dan 0,86 (B100).

Hasil penelitian (Suryani, Dewi, & Harmiyati, 2018) mengatakan, nilai korelasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton berhubungan sangat kuat yang mana nilai koefisien korelasi di antara 0,80 sampai 1,00. Hasil penelitian (Suhendra, 2017) menyimpulkan, diperoleh hubungan yang sesuai antara kuat lentur (f_r) dengan kuat tekan (f_c'), sebagaimana yang tercantum dalam SNI 2847:2013. Formula ini ($f_r = 0,62\sqrt{f_c'}$) berlaku untuk umur uji 28 hari.

Hasil penelitian lain (Pratama, Naibaho, & Bangun, 2023) mengatakan, berdasarkan hasil nilai pada f_s dan f_c' di laboratorium, telah ditemukan hubungan yang kurang sesuai antara kuat lentur (f_s) dan kuat tekan (f_c') pada SNI 2847:2013 ($f_s = 0,62 \sqrt{f_c'}$) berlaku pada uji beton umur 28 hari. Demikian juga penelitian (Hermansyah, Widyawati, Fardila, & Gunawan, 2022) mengatakan, nilai $\alpha = 0,62$ tidak memiliki korelasi dengan kuat lentur yang dihasilkan, bila ingin menghasilkan nilai kuat lentur yang baik maka perlu dilakukan pengujian bersamaan pada kuat tekan dan lentur dengan campuran yang sama, sehingga menghasilkan nilai α yang dapat digunakan di lapangan.

Namun demikian, penelitian tersebut tidak menggunakan suhu air 25°C, 50°C, dan 100°C sebagai salah satu parameter dalam desain penelitian.



Gambar 6. Perbandingan Kuat Lentur dan Modulus Retak

Gambar 6 memperlihatkan grafik perbandingan kuat lentur hasil pengujian dan perhitungan modulus retak berdasarkan SNI 2847:2019 pada ketiga variasi suhu air. Berdasarkan perbandingan ini, diperoleh perbedaan nilai pada sampel B25 sebesar 0,38 MPa (9,98%), sampel B50 sebesar 0,07 MPa (1,79%), dan sampel B100 sebesar 0,55 MPa (13,84%). Perbedaan nilai ketiga varian sampel tidak melebihi 1 MPa.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kekuatan tekan beton dapat meningkat dengan menggunakan air bersuhu 50°C, kekuatan lentur beton terbesar menggunakan air bersuhu 25°C, namun peningkatan suhu air pada campuran beton berdampak menurunkan kekuatan lentur beton.
2. Perbedaan terkecil kekuatan lentur hasil pengujian dan hasil perhitungan modulus retak menurut SNI 2847:2019 relatif kecil pada beton yang dicampur menggunakan air bersuhu 50°C.
3. Faktor modifikasi λ pada beton yang dicampur menggunakan air bersuhu 50°C ($\lambda = 0,98$) mendekati nilai pada SNI 2847:2019 ($\lambda = 1$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada STITEK Dharma Yadi Makassar yang telah memberi dukungan atas pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, T.B., Amalia, Z. 2020. Pengaruh Penggunaan Air Suhu Ekstrem Sebagai Bahan Pembentuk Beton Yang Ditambahkan Admixtures Terhadap Kuat Tekan Beton. *Teras Jurnal*, 10(2), 213-223.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 4431:2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta.
- Fauzi, M., Puspita, N., Iswana, M.A. 2022. Pengaruh Suhu Dan Curing Air Laut Terhadap Beton Fc' 30 MPa Dengan Agregat Kasar Batu Pantai. *Jurnal Ilmiah Tekno Global*, 11(01), 8-14.
- Harahap, D., Hariyanto, B. 2013. Pengaruh Varian Suhu Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton. *Jurnal Fondasi*, 2(2), 92-98.
- Hardiani, F.R., Rifqi, M.G., Khomari, M.G. 2020. Pengaruh Variasi Suhu Air 27°C, 37°C, 47°C Pada Campuran Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Struktural. *Journal Of Applied Civil Engineering And Infrastructure Technology (JACEIT)*, 1(2), 19-22.
- Hermansyah, Widyawati, F., Fardila, D., Gunawan, H. 2022. Hubungan Kuat Tekan dan Lentur Beton dengan Bahan Tambah Serat Dramix 3D. *Jurnal SIPIL Sains*, 12(1), 79-86.
- Mooy, M., Simatupang, P.H., Frans, J.H. 2017. Pengaruh Suhu Curing Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), 47-60.
- Nawy, E., G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Refika Aditama. Bandung.
- Pratama, K., I., Naibaho, P., R., T., Bangun, S. 2023. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Mutu fc 25 Megapascal (MPa). *Journal of CESD Construction Engineering and Sustainable Development*, 6(1), 1-7.
- Rombe, N.B., Mara, J., Sandy, D. 2020. Pengaruh Suhu Waktu Pengecoran Terhadap Kuat Tekan dan Tarik. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(4), 249-255.
- Satria, R., Aulia, T.B., Mahlil. 2022. Pengaruh Penggunaan Air Dingin dan Air Panas pada Campuran Beton Mutu Tinggi Menggunakan Accelerator dan Retarder Terhadap Kuat Tekan. *Journal of The Civil Engineering Student*, 4(3), 281-287.
- Suhendra. 2017. Kajian Hubungan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Civronlit Universitas Batanghari*, 2(1), 38-44.
- Suryani, A., Dewi, S.H., Harmiyati. 2018. Korelasi Kuat Lentur Beton Dengan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Saintis*, 18(2), 43-54.
- Syarifuddin. 2013. Dampak Penggunaan Air Bersuhu Ekstrem terhadap Kekuatan Tekan Beton. *Jurnal Ilmiah FORUM BANGUNAN Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar*, 11(2), 88-95.