

Pengujian Kuat Lentur Menggunakan Beton Instan Usia 21 Hari dan 28 Hari

Sefti Anjung Kurniawan¹⁾,
Umi Kholifah²⁾, Wildan Satria Pratama³⁾
^{1),2),3)} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Surabaya,
Surabaya, Indonesia
Email: seftianjung.21063@mhs.unesa.ac.id

Received: 2025-01-24; Accepted: 2025-04-21; Published: 2026-03-31

Abstract

This research focused on testing instant concrete from a manufacturer that was developed to achieve design capacity within a certain period of time based on user needs. The manufacturer has an innovative concrete product that can reach its design capacity within the timeframe desired by consumers. From the time of this research, the instant concrete offers specifications of 7 days, 14 days, 21 days, and 28 days as the time span for the concrete to reach its design compressive capacity. The test will be carried out by making 2 beam specimens with medium length flexural collapse based on (Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon, 1993). The product specification used is the achievement of f_c' 25MPa at the age of 21 days and 28 days. This research resulted in a flexural strength Mn value of 2 beam specimens of 57.1250 kNm and 59.8750 kNm. The difference in the nominal moment value of the experimental results between 21 days and 28 days is only 0.804 kNm (greater than 28 days) or 95.4% of 28 days.

Keywords: Instant Concrete; Flexural Beam.

Abstrak

Penelitian ini difokuskan pada pengujian beton instan dari suatu produsen yang dikembangkan untuk mencapai kapasitas desain dalam jangka waktu tertentu berdasarkan kebutuhan pengguna. Produsen tersebut memiliki inovasi produk beton yang dapat mencapai kapasitas desain sesuai dengan waktu keinginan konsumen. Dari waktu penelitian ini dilaksanakan, beton instan tersebut menawarkan spesifikasi 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari sebagai rentang waktu bagi beton dapat mencapai kapasitas tekan desainnya. Pengujian akan dilakukan dengan pembuatan 2 benda uji balok dengan panjang sedang keruntuhan lentur berbasis (Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon, 1993). Spesifikasi produk yang digunakan adalah ketercapaian f_c' 25MPa pada umur 21 hari dan 28 hari. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat lentur Mn dari 2 benda uji balok sebesar 57,1250 kNm dan 59,8750 kNm. Selisih nilai perbedaan momen nominal hasil eksperimen antara 21 hari dan 28 hari hanya sebesar 0,804 kNm (lebih besar 28 hari) atau 95,4% dari 28 hari.

Kata Kunci: Beton Instan; Balok Lentur.

PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang mudah ditemukan pada bangunan gedung. Hal ini tidak lain dikarenakan material beton mudah didapat dan mudah untuk disesuaikan bentuknya agar sesuai dengan kebutuhan desain. Diluar hal tersebut beton memiliki kapasitas kekuatan tekan yang cukup tinggi, akan tetapi memiliki kapasitas kekuatan tarik yang cukup kecil sekitar 10% dari kapasitas tekannya (W. H. Mosley & J. H. Bungey, 1989). Dalam hal ini seorang insinyur membuat struktur beton beryulang sebagai inovasi untuk menutupi kekurangan material beton. Khususnya pada struktur gedung yang akan menerima gaya tekan dan tarik seperti balok.

Beton bertulang merupakan perpaduan antara beton dan baja tulangan. Pada struktur beton bertulang akan menggunakan keunggulan material baja yang kuat terhadap gaya tarik. Tentu saja seorang insinyur akan menganalisis pada bagian mana penampang balok akan mengalami tekan dan tarik. Hal ini bertujuan agar setiap material beton maupun baja tulangan dapat bekerja secara maksimal. Pada perencanaan penampang balok yang menerima gaya tarik, kapasitas tarik beton akan diasumsikan 0 atau tidak

berkontribusi terhadap gaya tarik (Badan Standarisasi Nasional, 2019).

Balok merupakan sistem rangka pada struktur gedung yang umumnya didesain untuk menerima dan menahan gaya lentur atau momen serta gaya geser. Gaya geser pada balok akan dipikul oleh beton dan tulangan geser. Sedangkan gaya lentur akan dipikul oleh tulangan lentur pada daerah tarik, dan beton pada daerah tekan. Seorang insinyur dituntut untuk dapat menentukan asumsi apakah balok akan didesain mengalami keruntuhan lentur yang bersifat duktail atau keruntuhan geser yang bersifat getas. Penentuan keruntuhan balok tanpa tulangan geser dapat ditentukan dengan perbandingan jarak tumpuan ke beban dan tinggi efektif balok tersebut (Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon, 1993).

Dalam tahap desain, penggunaan material beton bertulang memberikan kebebasan asumsi kepada perencana seperti yang dijelaskan diatas. Akan tetapi pada tahap pelaksanaan, penggunaan material beton akan menimbulkan masalah tersendiri saat penyusunan jadwal proyek. Seperti yang kita tahu bahwa penggunaan material beton yang harus dicor di tempat memerlukan waktu Pangelinan dan peranakan tertentu hingga mencapai

kekuatan yang memadai, sehingga pekerjaan pembangunan struktur di atasnya tidak dapat dilanjutkan sebelum beton tersebut mencapai kondisi yang aman untuk menopang beban. Kekuatan beton normal dapat mencapai 31,90% dari kapasitas kuat tekannya pada umur 3 hari setelah pengecoran. Penambahan kekuatan tersebut akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya hari sampai hari ke 28 kekuatan beton dapat mencapai 99% dari kapasitas kuat tekannya (Ginting, 2019).

Dalam industri konstruksi, salah satu pertimbangan yang paling penting adalah efektifitas penyelesaian pekerjaan seperti tepat waktu, biaya, dan mutu (Dipohusodo, 1996). Salah satu tantangan untuk mencapai efektifitas secara maksimal pada lapangan adalah permintaan beton dengan kekuatan desain yang dapat diterima dalam waktu singkat. Secara tidak langsung dengan waktu yang singkat ini kontraktor akan dapat menghemat pengeluaran pada proyek. Beberapa pengembangan inovasi telah dilakukan untuk mengatasi masalah waktu, seperti penggunaan aktivator alkali yang dapat mempersingkat waktu setting beton, seperti yang dinyatakan dalam penelitian (Kamal et al., 2022).

Dari uraian diatas, salah satu produsen *mix* beton memberikan solusi dari masalah waktu tersebut dengan produk beton instan. Produsen tersebut memiliki inovasi produk beton yang dapat mencapai kapasitas desain sesuai dengan waktu keinginan konsumen. Dari waktu penelitian ini dilaksanakan, beton instan tersebut menawarkan spesifikasi 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari sebagai rentang waktu bagi beton dapat mencapai kapasitas tekan desainnya.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil kuat lentur penampang balok beton dengan spesifikasi $f_c' 25$ MPa pada umur 21 hari. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan kuat lentur penampang balok beton yang memiliki spesifikasi $f_c' 25$ MPa pada umur 28 hari, menggunakan beton instan dari produsen yang sama.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 29 Agustus 2024 sampai dengan 10 Januari 2025. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Universitas Negeri Surabaya dan laboratorium produsen tulangan. Penelitian ini dilakukan dengan uji eksperimental balok beton bertulang. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kapasitas kuat tekan beton hasil eksperimen terhadap spesifikasi yang ditawarkan oleh pihak supplier campuran beton instan merk. Spesifikasi yang diuji pada penelitian ini adalah ketercapaian kuat tekan desain 25MPa pada rentang waktu 21 hari dan 28 hari. *Mix design* campuran beton instan dilakukan oleh pihak produsen (lihat Tabel 1).

Tabel 1. *Mix Design* Material Beton Instan

	$f_c' 25$ MPa 21 Hari	$f_c' 25$ MPa 28 Hari
Ukuran Agregat Kasar	≤ 15 mm	≤ 15 mm
Nilai Slump (cm)	12±2 cm	12±2 cm
Rasio W/C	0,45	0,45
Kandungan Semen (kg/m ³)	0,50	0,50
<i>Admixture</i> (kg)	400 - 410	400 - 410
<i>Water Estimation</i> (l/m ³)	380 - 390	380 - 390
Agregat Kasar 5-15mm (kg/m ³)	1 - 1,5	1 - 1,5

Agregat Halus < 5mm (kg/m ³)	742 - 754 751 - 759	742 - 754 751 - 759
--	---------------------	---------------------

Uji eksperimen dilakukan dengan menggunakan benda uji balok lentur dan 3 silinder beton tiap balok. Benda uji berupa balok lentur dengan spesifikasi beton 25MPa 21 hari dan akan dikontrol dengan spesifikasi beton 25MPa 28 hari. Penamaan benda uji balok adalah BL 21 dan BL 28, dengan format “BL” untuk balok lentur dan “21 dan 28” untuk spesifikasi umur beton. Untuk sampel silinder akan menggunakan 3 silinder per benda uji balok.

Berikut merupakan tahapan yang dilakukan pada penelitian:

1. Tahap desain awal. Penampang balok benda uji didesain dengan bentang sedang, dengan panjang tumpuan ke beban terpusat terdekat $a = 585$ mm dan tinggi efektif balok $d = 179,5$. Dari nilai tersebut didapat nilai $a/d = 3,257$. Nilai tersebut berada pada kategori balok bentang sedang. Nilai a/d bentang sedang diharapkan akan terjadi keruntuhan lentur pada benda uji balok (Chu-Kia Wang & Charles G.Salmon, 1993). Penambahan tulangan sengkang pada daerah a diberikan sebagai pengaman yang dimana dapat memperkecil kemungkinan keruntuhan geser terjadi pada balok (lihat Gambar 1). *Set-up* pengujian balok lentur menggunakan 2 titik beban terpusat dengan asumsi nilai P yang sama (lihat Gambar 2). Pada *set-up* akan ditujukan agar balok mengalami kegagalan lentur merujuk pada jurnal sebelumnya (Sabariman et al., 2017).

- Desain Mn Benda Uji BL 21

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = 18,384$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 11775705,67 \text{ Nmm} = 11,776 \text{ kNm}$$

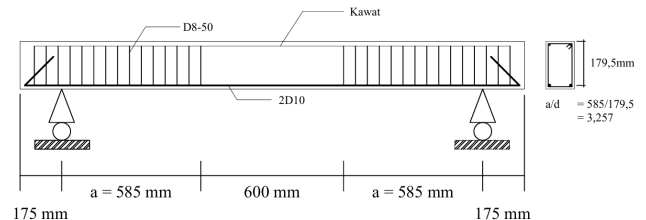
- Desain Pmax Benda Uji BL 21

$$M \text{ (dari P)} = Mn \text{ desain} - M \text{ sendiri} = 11,55014 \text{ kNm}$$

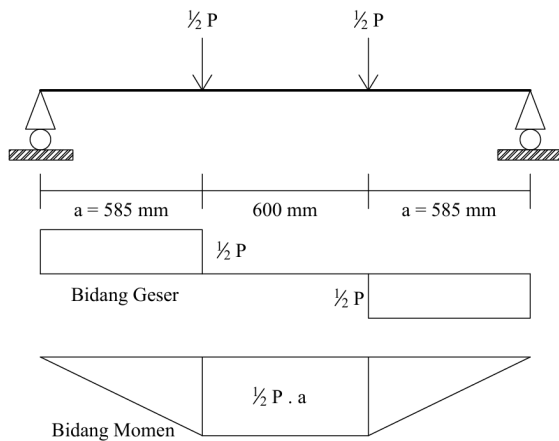
$$M \text{ (dari P)} = 0,5P \times 0,585$$

$$11,55014 = 0,2925P$$

$$P = 39,4876 \text{ kN}$$

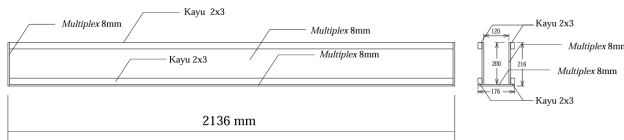


Gambar 1. Desain Balok Lentur
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 2. *Set-Up* Pembebanan
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Pembuatan Bekisting. Bekisting dibuat menggunakan multiplex 8 mm dan diperkaku menggunakan kayu ukuran 2x3. Sambungan antara multiplex dan kayu menggunakan paku (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Desain Bekisting Balok
Sumber: Dokumentasi Pribadi



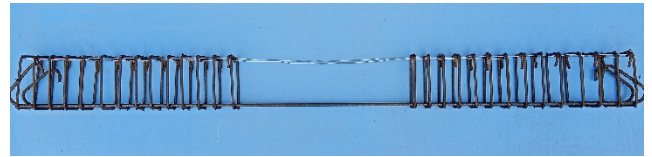
Gambar 4. Bekisting Balok
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. *Set-up* material tulangan. Pengujian tarik material tulangan dilakukan dengan pengambilan 3 sampel tulangan diameter 8 ulir untuk sengkang (lihat Tabel 2) sampel diameter 10 ulir untuk tulangan lentur (lihat Tabel 3).



Gambar 5. Alat Uji Tarik Produsen Tulangan
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Perakitan tulangan. Tulangan pada balok akan dirakit sesuai dengan desain awal (lihat Gambar 1).



Gambar 6. Penulangan Balok
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Uji slump. Pengadukan beton instan dengan *concrete mixer* dilakukan per sak dan diambil per adukan 1 silinder beton. Setiap adukan akan dilakukan uji slump dengan nilai slump yang ditentukan pihak produsen 12 ± 2 cm (lihat Tabel 1). Penambahan air saat pengadukan dilakukan berkala agar dapat melakukan kontrol terhadap nilai slump. Jumlah air yang ditambahkan tiap 1 sak beton instan adalah 3,78 liter - 4,23 liter mengingat dalam 1 sak semen memiliki volume sekitar 0,022 m³ (lihat Tabel 1). Penambahan air memungkinkan melebihi dari ketentuan, guna untuk memenuhi nilai slump. (Tabel 4) Menunjukkan volume air dan hasil nilai slump saat penelitian. Tata cara pengujian slump penelitian ini merujuk ke (SNI 1972, 2008).

6. Pembuatan dan perawatan benda uji. Pengecoran benda uji balok dan silinder dilakukan jika langkah 5 terpenuhi. Pembuatan dan perawatan benda uji silinder dan balok lentur merujuk pada (SNI 2493:2011).

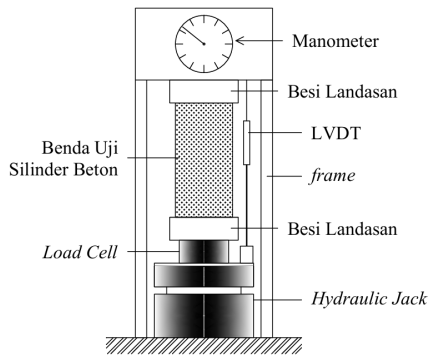


Gambar 7. Perawatan Curing Benda Uji Balok
Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Pengujian benda uji silinder beton. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada silinder beton dengan mengukur kapasitas beban yang diterima oleh silinder menggunakan *output* dari *Load Cell* (Gambar 8). Benda uji silinder saat penelitian menggunakan ukuran 15x30 cm. Uji tekan silinder beton menggunakan rujukan SNI 1972:2011 (Badan Standardisasi Nasional, 2011) dari mulai kalibrasi mesin sampai dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik sampai dengan 0,35MPa/detik. Kriteria hasil dari pengujian silinder akan dianggap tidak diterima jika nilai kuat tekan dibawah 3,5 MPa dari desain (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Berikut merupakan persamaan dalam menghitung kuat tekan silinder beton:

$$\text{Kuat Tekan Beton} = P/A \quad (1)$$

dimana: P = gaya tekan aksial (N), A = luas penampang silinder (mm)

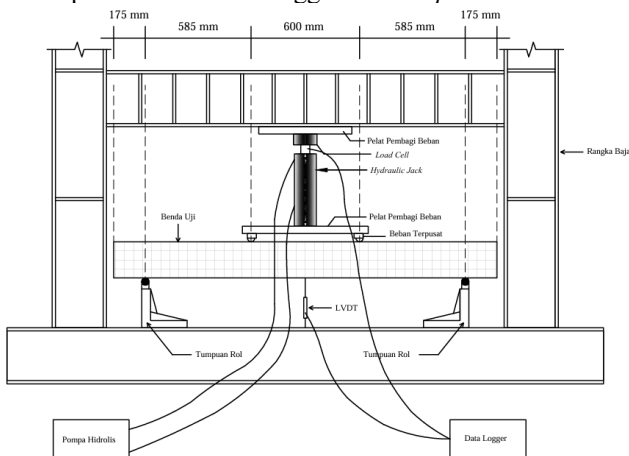


Gambar 8. Set-up Benda Uji Silinder
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 10. Pengujian Balok Lentur
Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. Pengujian benda uji balok pengujian benda uji balok menggunakan Set-up Pengujian Balok Lab Bahan dan Beton UNESA (Gambar 9). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa beban maksimal yang dapat dipikul oleh balok menggunakan *output* dari *Load Cell*.

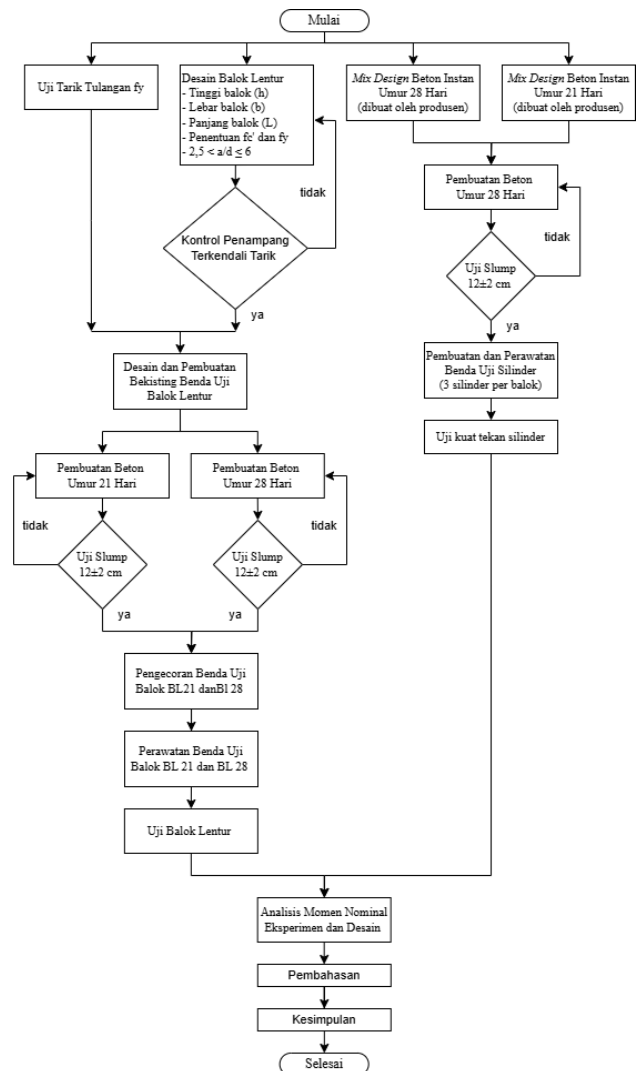


Gambar 9. Set-up Pengujian Balok Lab Bahan dan Beton UNESA
Sumber: Dokumentasi Pribadi

9. Analisis hasil pengujian balok. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan hasil nilai tahanan momen atau momen nominal (M_n) antara desain awal balok dengan hasil beban maksimal P yang kemudian diubah menjadi nilai tahanan maksimal momen balok lentur. Analisis momen pada awal retak (M_{cr}) dan lendutan saat terjadi retak awal (Δ_{cr}) juga diperhitungkan sebagai ragam data untuk informasi yang lebih kompleks. Desain nilai momen nominal (N_{mm}) dihitung dengan persamaan dari (Badan Standarisasi Nasional, 2019), sedangkan (Setiawan, 2016) digunakan sebagai rujukan dalam analisis retak.

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2)$$

dimana: A_s = luasan tulangan Tarik (mm), f_y = tegangan leleh tulangan tarik (MPa), d = tinggi efektif balok (mm), a = Tinggi blok tegangan (mm).



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Dokumentasi Pribadi

HASIL

Dari penelitian yang dilaksanakan didapatkan data output dari pengujian. Data output tersebut akan

dianalisis dan akan ditampilkan sebagai tabel, grafik, dan gambar.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik Tulangan Diameter 8 mm

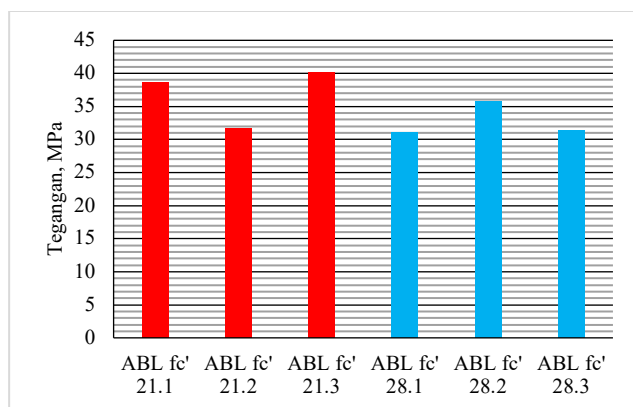
	1 D8	2 D8	3 D8	Rata rata
Diameter (mm)	7,73	7,81	7,82	7,79
Kuat Luluh fy (MPa)	444,888	420,7524	425,7697	430,4701
Kuat Max ft (MPa)	573,595	561,8304	567,9534	567,793
Rasio (ft/fy)	1,29	1,34	1,33	1,32
Elongation (%)	16,2	17,5	19,5	17,73

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Tulangan Diameter 10 mm

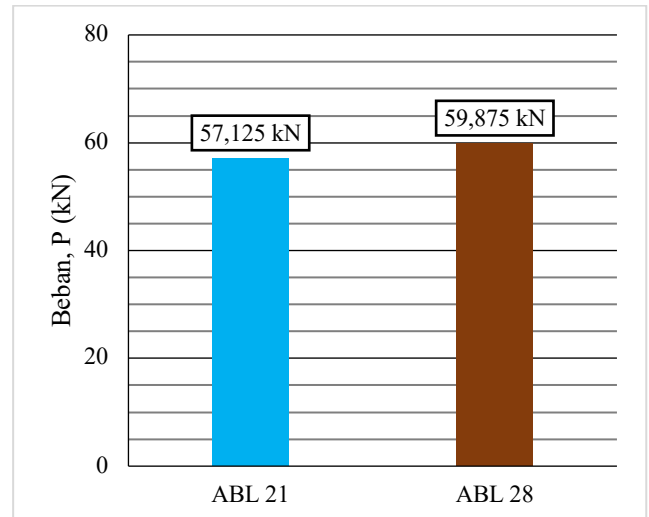
	1 D8	2 D8	3 D8	Rata rata
Diameter (mm)	9,83	9,8	9,81	9,8133
Kuat Luluh fy (MPa)	453,041	491,247	426,222	456,836
Kuat Max ft (MPa)	585,524	626,164	570,014	1350,958
Rasio (ft/fy)	1,29	1,27	1,34	1,3
Elongation (%)	16	15	19	16,67

Tabel 4. Nilai Slump dan Volume Air

Benda Uji Balok	Benda Uji Silider	Volume Air (liter)	Nilai Slump (cm)	Kontrol 12±2 cm
BL 21	S21a	5	12	Terpenuhi
	S21b	5	10	Terpenuhi
	S21c	4,8	14	Terpenuhi
	S28a	4,8	10	Terpenuhi
BL 28	S28b	4,8	14	Terpenuhi
	S28c	4,8	14	Terpenuhi



Gambar 12. Diagram Batang Uji Tekan Silinder
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 13. Diagram Batang Uji Lentur Pmax Eksperimen Benda Uji Balok
Sumber: Dokumentasi Pribadi

PEMBAHASAN Benda Uji Silinder

Dari hasil pengujian dari 3 sampel silinder per balok, didapat kuat tekan rata rata silinder pada masing masing balok seperti balok BL 21 = 36,85 MPa dan BL 28A = 32,70 MPa. Nilai ini akan digunakan untuk analisis desain momen nominal pada benda uji balok. Untuk penjabaran hasil dari kuat tekan tiap benda uji silinder dapat dilihat pada (Gambar 12).

Benda Uji Balok

Hasil dari uji kuat tekan silinder dan uji tarik baja tulangan akan digunakan pada analisis desain momen nominal pada balok lentur. Desain momen nominal tersebut akan dibandingkan dengan momen nominal yang didapat dari output beban maksimum pada eksperimen uji balok lentur (lihat Gambar 13).

Hasil dari pengujian eksperimen balok lentur adalah nilai beban maksimal Pmax yang dapat dipikul oleh balok lentur. Hasil eksperimen kapasitas beban maksimum pada balok akan dibandingkan dengan desain kapasitas maksimum yang sebelumnya telah di hitung berdasar (SNI 2847:2019).

- Eksperimen Mn Benda Uji BL 21
 $M_n = 0,5 \cdot P \cdot a$
 $= 16,709 \text{ kNm}$

Tabel 5. Perbandingan Kapasitas Maksimal Desain dan Eksperimen BL 21

BL 21	Desain	Eksperimen	Presentase
P max (kN)	39,4876	57,1250	+ 44,7%
Mn (kNm)	11,776	16,709	+ 41,9%

Tabel 6. Perbandingan Kapasitas Maksimal Desain dan Eksperimen BL 28

BL 28	Desain	Eksperimen	Presentase
P max (kN)	39,2116	59,8750	+ 52,7%
Mn (kNm)	11,695	17,513	+ 49,7%

Pada analisis balok lentur menunjukkan bahwa hasil eksperimen balok dari tiap benda uji memiliki hasil lebih besar dari nilai yang didesain (lihat Tabel 5 dan 6). Nilai kapasitas eksperimen momen nominal beton 21 hari tidak terpaut jauh dari 28 hari, sekitar 95,4% mendekati kapasitas umur 28 hari.

Analisis Retakan



Gambar 14. Keruntuhan Balok BL 21
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 15. Keruntuhan Balok BL 28
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada awal retak Balok BL 21 ditandai dengan retak lentur vertikal dengan beban 13,88 kN pada daerah antara beban terpusat. Retak lentur pada daerah ini terus berlanjut sampai retak ke 3. Berlanjut retak ke 4 dengan beban 25,97 kN mulai muncul retak vertikal lentur pada daerah "a" nilai beban ini lebih besar hamper 2 kali lipat sebesar 87,1% dari retak awal. Pola keretakan vertikal lentur terus berulang sampai dengan retak ke 8. Retak ke 9 timbul retak miring atau retak geser pada daerah "a" dengan beban 47,81 kN. Pada retak ke 25 dengan beban 53,19 kN mulai muncul pola retak horizontal pada area beban. Pola keretakan lentur vertikal terus bertambah dan pola retak horizontal semakin merambat menuju tengah bentang. Spalling terjadi pada keretakan ke 30 (Gambar 14).

Pada awal retak Balok BL 28 ditandai dengan retak lentur vertikal dengan beban 15,28 kN, pada daerah antara beban terpusat. Retak lentur pada daerah ini terus berlanjut sampai retak ke 2. Berlanjut retak ke 3 dengan beban 33,31 kN mulai muncul retak vertikal lentur pada daerah "a" nilai beban ini lebih besar lebih dari 2 kali lipat sebesar 118% dari retak awal. Pola keretakan vertikal lentur terus berulang sampai dengan retak ke 10. Retak ke 12 timbul retak miring atau retak geser pada daerah "a" dengan nilai beban 55,84 kN. Pada retak ke 23 dengan beban 58,06 kN mulai muncul pola retak horizontal pada area beban. Hal ini menunjukkan bahwa penampang hampir

mencapai keruntuhan dalam memikul beban. Pola keretakan lentur vertikal terus bertambah dan pola retak horizontal semakin merambat menuju tengah bentang. Spalling terjadi pada keretakan ke 24 (Gambar 15).

Dari hasil kedua eksperimen diatas terdapat fenomena yang menarik. Berdasarkan hasil pengujian, kuat tekan rata-rata benda uji silinder selama 21 hari (36,85 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji 28 hari (32,70 MPa). Namun, nilai momen nominal yang diperoleh dari pengujian elemen balok menunjukkan kesimpulan yang berlawanan, dimana momen nominal balok BL 28 (17,513 kNm) lebih besar daripada momen nominal balok BL 21 (16,709 kNm). Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor seperti perlakuan saat perawatan dan pembuatan benda uji, distribusi tegangan, gradasi agregat, perbedaan nilai slump, atau bahkan karakteristik mekanis beton pada umur yang berbeda, yang dapat mempengaruhi kinerja lentur meskipun terjadi penurunan kuat tekan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa beton instan memenuhi spesifikasi 25 MPa dengan waktu 21 hari dan 28 hari. Berdasar hasil pengujian eksperimen benda uji balok. Hasil eksperimen yang didapat dari kedua benda uji memiliki nilai yang lebih besar dari desain awal (lihat Tabel 5 dan 6). Selisih nilai perbedaan momen nominal hasil eksperimen antara 21 hari dan 28 hari hanya sebesar 0,804 kNm (lebih besar 28 hari) atau 95,4% dari 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa beton instan dengan spesifikasi umur 21 hari aman untuk digunakan.

Berdasar analisis retak dapat disimpulkan bahwa benda uji balok BL 21 dan BL 28 benar-benar mengalami keruntuhan lentur. Hal ini sesuai dengan model keruntuhan balok biasa dengan panjang sedang yang dimana awal retak adalah retak lentur vertikal, kemudian disusul dengan retak miring geser-lentur, dan diakhiri dengan keretakan horizontal sebelum akhirnya mengalami keruntuhan (Chuk-Kia Wang & Charles G.Salmon, 1993).

Saran

Dalam penelitian ini pembahasan mengenai beton instan dengan uji balok lentur hanya sebatas kekuatan tahanan momen maksimum. Diharapkan pada penelitian selanjutnya ada pembahasan mengenai kekakuan dan daktilitas dari balok lentur menggunakan material beton instan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, SNI 2493-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, 8.

- Chu-Kia Wang, & Charles G. Salmon. (1993). *Desain Beton Bertulang* (B. Hariandja, Ed.; Edisi Ke-4). Erlangga.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen proyek dan konstruksi ; jilid 2*. Kanisius.
- gun, A. (2019). Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur pada Berbagai Umur Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2).
<https://doi.org/10.28932/jts.v7i2.1345>
- Kamal, M., Wibowo, W., & Safitri, E. (2022). Kajian Kuat Kejut dan Keuletan Pada Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri Menggunakan Bahan Tambah Metakaolin dengan Variasi Perbandingan Alkali Aktivator. *Matriks Teknik Sipil*, 10(1).
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v10i1.55561>
- Sabariman, B., Sutikno, S., & Wardhono, A. (2017). Daktilitas Balok Beton Mutu Tinggi tanpa Bahan Kimia Tambahan dengan Dua Bukaan di Badan. *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 12(2).
<https://doi.org/10.21831/inersia.v12i2.12584>
- Setiawan, A. (2016). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang* (L. Simarmata, Ed.). Erlangga.
- SNI 1972. (2008). SNI 1972 : 2008 Cara Uji Slump Beton. In *Badan Standar Nasional*.
- W. H. Mosley, & J. H. Bungey. (1989). *Reinforced Concrete Design*. Departement of Civil Engineering University of Liverpool.