

SKRIPSI

**KAJIAN RUNTUH LENTUR
BALOK BETON BERTULANG**

BIDANG REKAYASA STRUKTUR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



OLEH:

YUNIKE DWI ISKANDAR

201532026

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA KARYA
MALANG
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**KAJIAN RUNTUH LENTUR
BALOK BETON BERTULANG**

BIDANG REKAYASA STRUKTUR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

Yunike Dwi Iskandar


201532026

Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Ir. Agnes H. Patty, M.T.
NIDK. 8895450017


Benedictus Sonny Yocdono, S.Pd., M.T.
NIDN. 0720038001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,



Danang Murdiyanto, S.T., M.T.
NIDN. 0708017604



Dr. Ir. Anna Catharina Sri Purna Suswati, M.Si.
NIDN.0728046501

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
KAJIAN RUNTUH LENTUR
BALOK BETON BERTULANG
BIDANG REKAYASA STRUKTUR

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi
pada Senin, 5 Juli 2021
Dinyatakan Lulus dan memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana.

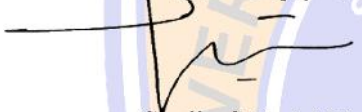
Disusun Oleh:

Yunike Dwi Iskandar

201532026

Disetujui Oleh,

Dosen Penguji I,



Sunik, S.T., M.T.
NIDN. 0714067401

Dosen Penguji II,



Dr. Ir. Agnes H. Patty, M.T.
NIDK. 8895450017

Dosen Penguji Saksi,



Benedictus Sonny Yoedono, S.Pd., M.T.
NIDN. 0720038001



Dekan Fakultas Teknik,

Datwang Mardiyanto, S.T., M.T.
NIDN. 0708017604



Dekan Program Studi Teknik Sipil,

Dr. Ir. Anna Catharina Sri Purna Suswati, M.Si.
NIDN.0728046501

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Laporan ini disusun sebagai persyaratan penyelesaian skripsi Program Studi S1 Teknik Sipil dengan judul “ Kajian Runtuh Lentur Balok Beton Bertulang”.

Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini, penyusun telah mendapat bimbingan dan dukungan serta motivasi dari banyak pihak. Oleh karena itu, Penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Frater Dr. Klemens Mere, S.E., M.Pd., M.M., M.H., M.A.P., BHK selaku Rektor Universitas Katolik Widya Karya.
2. Bapak Danang Murdiyanto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Ibu Dr. Ir. Anna Catharina Sri Purna Suswati, M.Si., selaku Kaprodi Teknik Sipil.
4. Ibu Dr. Ir. Agnes Hanna Patty, M.T., selaku dosen pembimbing I dan sekaligus dosen penguji II yang telah membantu penyusun dalam tiap proses hingga terselesainya tugas akhir.
5. Bapak Benedictus Sonny Yoedono, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing II dan sekaligus penguji saksi, yang telah membantu penyusun dalam tiap proses hingga terselesainya tugas akhir.
6. Ibu Dr. Sunik, M.T., selaku dosen penguji I yang telah mendukung dan menguji penyusun untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.
7. Kedua orang tua, sanak saudara, dan keluarga besar JKJT yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi.
8. Febriani Tri Lestari, Markus Giga Baskara, dan Richard Ardi Prasetya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi hingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir.

Malang, 11 Juli 2021

ABSTRAK

Balok merupakan elemen struktur yang berfungsi mendistribusikan beban dari pelat untuk diteruskan ke kolom sebelum diterima pondasi. Hubungan balok dan kolom harus sedemikian rupa sehingga memiliki kinerja yang tinggi. Artinya mampu melakukan redistribusi tegangan plastis, yang menjamin terjadinya lenturan tetapi tidak runtuh. Hal ini sangat signifikan dikondisikan dalam analisis struktur tahan gempa. Dengan kata lain, balok tidak diharapkan sangat kuat pada level beban kerja, dengan demikian tetapi berpeluang terbentuknya sendi plastis atau perambatan retak-retak tarik yang di kontrol oleh kerja komposit antara tulangan dengan beton di daerah tarik.

Pada tugas akhir ini, 6 (enam) benda uji standar RILEM berupa balok berukuran $1200 \times 100 \times 200 \text{ mm}^3$, bertulangan tunggal sejumlah 2D10 diuji lentur dengan menggunakan spesifikasi SNI 4154:2014. Satu balok dengan $l/h = 5,5$ runtuh lentur dan bersifat daktail di analisis pada tugas akhir ini, sedangkan lima balok lainnya dengan $l/h = 5,0$ runtuh geser dan bersifat getas (telah di analisis oleh peneliti sebelumnya).

Hasil olah data berupa diagram P- Δ merepresentasikan nilai momen retak pertama pada level beban kerja (*service state*), momen retak pada level inelastis (*inelastic state*), momen plastis parsial, dan momen penuh pada level ultimit (*strength state*). Proses ini diikuti oleh pembahasan diagram tegangan dimulai dari garis lurus, garis miring menuju garis netral, parabola, dan akhirnya garis vertikal.

Hasil uji lentur sebagai diagram P- Δ adalah, momen retak pertama titik 01 pada level beban kerja 5.112.077,20 N.mm, momen retak level inelastis 5.292.500 N.mm, dan momen ultimate pada level kekuatan 7.302.500 N.mm. perambatan retak yang merupakan proses pembentukan sendi plastis ditandai dengan peningkatan momen plastis parsial secara berturut-turut 5.320.000 N.mm, 5.687.500 N.mm, 5.992.500 N.mm, 5.997.500 N.mm, dan 6.790.000 N.mm.

M_n 'penampang' sebesar 9.907.349,76 N.mm dan M_p 'penampang' sebesar 27.586.112,5 N.mm, I_g sebesar $6.666,67 \text{ m}^4$, I_{cr} sebesar $771,85 \text{ m}^4$, dan I_e sebesar $2.794,16 \text{ m}^4$. Nilai momen inersia yang terjadi pada benda uji balok membuktikan bahwa $I_{cr} < I_e < I_g$.

Kata kunci: keruntuhan lentur, tinggi blok tegangan, sendi plastis.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Manfaat dan Tujuan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Balok Lentur.....	3
2.2 Fenomena Lentur.....	3
2.2.1 Tahap beban kerja/beban kecil	4
2.2.2 Tahap beban kerja/beban sedang	5
2.2.3 Tahap kekuatan/beban batas	6
2.3 Garis Netral pada Beton Bertulang.....	6
2.4 Keruntuhan pada Penampang Homogen	9
2.5 Momen Retak	10
2.6 Momen Plastis Parsial	13
2.7 Momen Runtuh Plastis Penuh	14

2.8	Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III	METODE PENELITIAN	17
3.1	Topik Penelitian.....	17
3.2	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	17
3.3	Obyek Penelitian	18
3.4	Lokasi dan Waktu.....	18
3.5	Metode Pengumpulan Data	19
3.6	Metode Pengolahan Data.....	20
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1	Hasil uji lentur	24
4.2	Analisis	26
4.3	Pembahasan	36
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Keadaan seimbang regangan (Dipohusodo 1996, hal. 36) 3

Gambar II.2 Diagram momen-kurvatur untuk balok beton bertulang yang mengalami tarik termodifikasi (McCormacs, 2003, hal. 42) 4

Gambar II.3 Balok beton bertulang penampang utuh 5

Gambar II.4 Perilaku lentur pada beban kecil (Dipohusodo 1996, hal. 26)..... 5

Gambar II.5 Balok beton bertulang dan retak-retak rambut pada daerah tarik..... 5

Gambar II.6 Perilaku lentur pada beban sedang (Dipohusodo 1996, hal. 27) 5

Gambar II.7 Perilaku lentur dekat beban ultimit (Dipohusodo 1996, hal. 27)..... 6

Gambar II.8 Variasi letak garis netral (Dipohusodo 1996, hal. 34)..... 8

Gambar II.9 Blok Tegangan Ekuivalen untuk perencanaan dan analisis kekuatan (Dipohusodo 1996, hal. 31)..... 8

Gambar II.10 Baja kondisi elastis 9

Gambar II.11 Baja kondisi inelastis 9

Gambar II.12 Baja kondisi plastis parsial 10

Gambar II.13 Baja kondisi plastis penuh 10

Gambar II.14 A_2 sebagai nA_s (Dipohusodo 1996)..... 12

Gambar II.15 Momen Plastis 14

Gambar III.1 Diagram alir penelitian..... 17

Gambar III.2 Sistematika *set-up* pengujian lentur tiga titik pembebanan (Lestari 2019) 19

Gambar III.3 Benda uji (Dokumentasi pribadi) 20

Gambar IV.1 Balok uji A1 $l/h = 5,5$ (Dokumentasi pribadi) 22

Gambar IV.2 Balok uji A2 $l/h = 5$ (Dokumentasi pribadi) 22

Gambar IV.3 Balok uji A3 $l/h = 5$ (Dokumentasi pribadi) 23

Gambar IV.4 Balok uji B1 $l/h = 5$ (Dokumentasi pribadi) 23

Gambar IV.5 Balok uji B2 $l/h = 5$ (Dokumentasi pribadi) 23

Gambar IV.6 Balok uji B3 $l/h = 5$ (Dokumentasi pribadi) 24

Gambar IV.7 Tampak depan Gambar IV.8 Tampak belakang..... 25

Gambar IV.9 Grafik antara peningkatan $P_{\text{eksperimental}}$ VS $\Delta_{\text{eksperimental}}$ keseluruhan.. 25

Gambar IV.10 Grafik antara peningkatan $P_{\text{eksperimental}}$ VS $\Delta_{\text{eksperimental}}$ tiap retak.... 26

Gambar IV.11 Perjalanan perambatan energy (Dokumentasi pribadi)..... 37

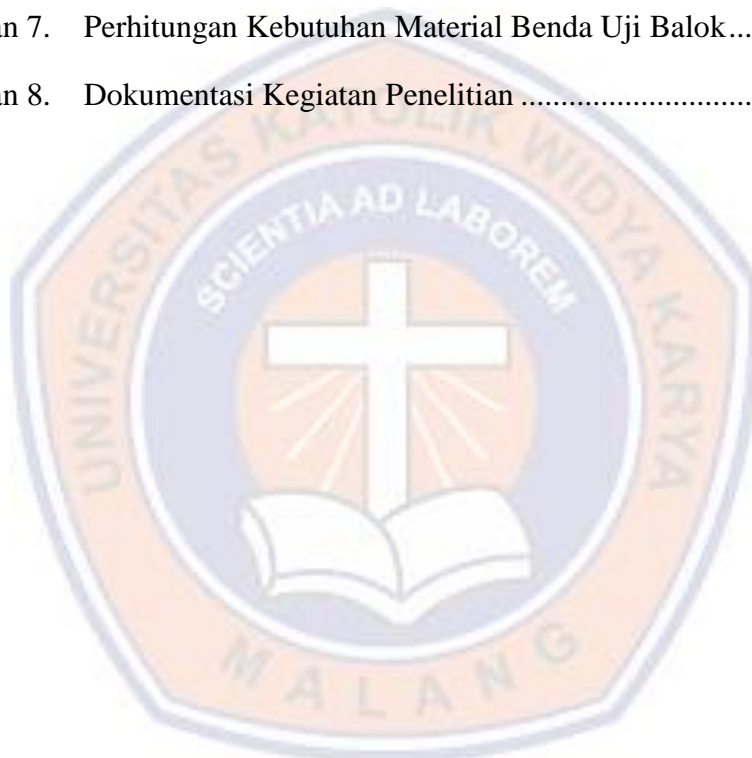
DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Hasil pengujian kuat lentur	24
Tabel IV.2 Tabel perjalanan momen, displasi, dan blok tegangan	37
Tabel IV.3 Perbandingan momen inersia.....	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Tulis Ilmiah.....	43
Lampiran 2.	Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I.....	44
Lampiran 3.	Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II.....	47
Lampiran 4.	Lembar Revisi Komprehensif Dosen Penguji I.....	48
Lampiran 5.	Lembar Revisi Komprehensif Dosen Penguji II	49
Lampiran 6.	Lembar Revisi Komprehensif Dosen Penguji Saksi	50
Lampiran 7.	Perhitungan Kebutuhan Material Benda Uji Balok.....	51
Lampiran 8.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	54



DAFTAR NOTASI

a	blok tegangan (mm)
A_1	luasan daerah tekan penampang beton
A_2	luasan tulangan dikalikan dengan perbandingan modular
A_c	luas bidang tekan (mm^2)
A_s	luas tulangan (mm^2)
b	lebar balok (mm)
c	garis netral diukur dari serat tekan terluar (mm)
d	jarak dari serat tekan terluar ke titik berat dari tulangan tarik (mm)
ϵ_c	regangan beton tekan
ϵ_s	regangan tulangan
E_c	modulus elastisitas beton (MPa)
E_s	modulus elastisitas baja (MPa)
f_c'	kuat tekan beton (MPa)
f_r	modulus keruntuhan (MPa)
f_s	tegangan baja (MPa)
f_t	kuat tarik beton (MPa)
f_y	tegangan leleh (MPa)
h	tinggi balok (mm)
I	momen inersia penampang balok terhadap garis netral (mm^4)
I_{cr}	momen inersia penampang retak yang ditransformasikan menjadi beton (mm^4)
I_e	momen inersia efektif untuk perhitungan lendutan (mm^4)
I_g	momen inersia kotor dari penampang melintang tanpa tulangan (mm^4)
k	koefisien tahanan
M_{cr}	momen kritis (N.mm)
M_n	momen nominal (N.mm)
M_p	momen plastis (N.mm)
M_u	momen ultimit (N.mm)
n	perbandingan <i>modular</i>
N_D	resultante tegangan tekan (beton)
N_T	resultante tegangan tarik (tulangan)
y_1	jarak antara titik berat daerah blok tegangan tekan ke garis netral (mm)
y_2	jarak antara titik berat tulangan ke garis netral (mm)
y_t	jarak garis netral penampang utuh (mengabaikan tulangan baja) ke serat tepi tertarik.
z	lengan momen antara N_D dan N_T (mm)
Z	modulus penampang plastis (MPa)
β_1	faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen beton
ρ	rasio penulangan tarik non-prategangan
ϕ	faktor reduksi kekuatan