



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No.28/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2022

SKRIPSI

**KINERJA BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN
BALOK TINGGI METODE *STRUT AND TIE*
BERDASARKAN SNI 2847-2019 DAN ACI 318-19**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Paulus Setianugroho

NIM. 1801421019

Pembimbing :

Dr. Anis Rosyidah

NIP. 197303181998022004

Jonathan Saputra, S.Pd. M.Si.

NIP. 19911222019031010

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2022



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

**KINERJA BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN BALOK TINGGI
METODE *STRUT AND TIE* BERDASARKAN SNI 2847-2019 DAN ACI 318-
19 yang disusun oleh Paulus Setianugroho (NIM 1801421019) telah disetujui
dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi**

Pembimbing 1

(Dr. Anis Rosyidah)
NIP. 197303181998022004

Pembimbing 2

(Jonathan Saputra, M.Si.)
NIP. 199111222019031010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi Berjudul :

**KINERJA BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN BALOK TINGGI
METODE STRUT AND TIE BERDASARKAN SNI 2847-2019 DAN ACI 318-
19**

yang disusun oleh **Paulus Setianugroho (NIM 1801421019)**) telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi 2** di depan Tim Penguji pada hari Senin tanggal 25 Juli 2022

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T. NIP: 197401311998022001	
Anggota	Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D NIP: 198012042020121001	

**Mengetahui, Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**



**Dyan Nurwidyaningrum, S.T., MM. M. Ars.
NIP 197407061999032001**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Paulus Setianugroho

NIM : 1801421019

Prodi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : paulus.setianugroho.ts18@mhs.w.pnj.ac.id

Judul Naskah : Kinerja Bangunan Tahan Gempa dengan Balok Tinggi Metode *Strut and Tie* berdasarkan SNI 2847-2019 dan ACI 318-19

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2021/2022 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Depok, 23 Agustus 2022

Yang menyatakan,

Paulus Setianugroho



Performance of Seismic-Resistant Building with Deep Beam using Strut and Tie Method based on SNI 2847-2019 and ACI 318-19

Paulus Setianugroho, Anis Rosyidah, Jonathan Saputra

Department of Civil Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16425

E-mail: paulussetianugroho24@gmail.com, anis.rosyidah@sipil.pnj.ac.id, jonathan.saputra@sipil.pnj.ac.id

ABSTRACT

The deep beam is different from a regular beam in geometry and load distribution mechanism. This results the deep beam to have different structural behavior and requires proper methods in analyzing and designing structural members. The method of the Strut and Tie Model (STM) has become a model and analysis mechanism that rational, accurate and simple enough to estimate the load capacity of the reinforced concrete deep beam. ACI 318-19 has several differences in designing deep beams using the strut and tie model. Therefore, to analyze the effects of these factors, 3D modeling of seismic-resistant buildings with office functions located in Jakarta, with seismic design category D was carried out. The identification of the dimensions of the deep beam and the beam's clear span to depth ratio that produces the most negligible internal forces is also presented. These dimensions and ratios are used to design and detail deep beams in seismic-resistant buildings using the strut and tie based on two codes, SNI 2847-2019 and ACI 318-19. The seismic-resistant building design was analyzed using the performance-based design method to analyze seismic-resistant building structures and the analysis of seismic load using pushover analysis. After obtaining the level of performance and the failure pattern of the building structure, the performance analysis results from the design stages of the two codes were compared. The results showed that the higher the span/depth ratio of the deep beam, the lower the shear strength of the beam, The deep beam designed using ACI 318-19 results a larger anchor length and more vertically distributed reinforcement requirements compared to SNI 2847-2019. Deep beam also affect the pattern of building collapse in which the collapse of the building occurs suddenly.

Keywords: *ACI 318-19, SNI 2847-2019, Reinforced Concrete, Deep Beam, Strut and Tie Model, Pushover Analysis, Performance Based Design*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kinerja Bangunan Tahan Gempa dengan Balok Tinggi Metode *Strut and Tie* berdasarkan SNI 2847-2019 dan ACI 318-19

Paulus Setianugroho, Anis Rosyidah, Jonathan Saputra

Departemen Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy,
Kampus UI Depok, 16425

E-mail: paulussetianugroho24@gmail.com, anis.rosyidah@sipil.pnj.ac.id,
jonathan.saputra@sipil.pnj.ac.id

ABSTRAK

Balok tinggi memiliki perbedaan dengan balok normal dalam geometri dan mekanisme penyaluran beban. Hal ini mengakibatkan balok tinggi memiliki perilaku struktur yang berbeda dan memerlukan metode yang tepat dalam menganalisis dan mendesain komponen struktur. Metode *Strut and Tie Model* (STM) telah menjadi mekanisme analisis yang rasional, cukup akurat, dan cukup sederhana untuk mengestimasi kapasitas beban balok tinggi beton bertulang. ACI 318-2019 memiliki beberapa perbedaan dalam hal merancang balok tinggi dengan menggunakan metode *strut and tie*. Oleh karena itu, untuk menganalisis pengaruh hal-hal tersebut, dilakukan pemodelan 3D bangunan tahan gempa dengan fungsi perkantoran, berlokasi di Jakarta, dengan kategori desain seismik D. Disajikan juga identifikasi dimensi balok tinggi dan rasio bentang terhadap tinggi balok yang menghasilkan gaya dalam terkecil. Dimensi dan rasio tersebut digunakan dalam desain dan detailing balok tinggi pada bangunan tahan gempa dengan metode *strut and tie* berdasarkan 2 peraturan yaitu SNI 2847-2019 dan ACI 318-2019. Desain bangunan tahan gempa dianalisis menggunakan metode *performance based design* sebagai analisis struktur bangunan tahan gempa dan analisis beban gempa menggunakan analisis beban dorong (*pushover analysis*). Setelah didapatkan taraf kinerja dan pola kegagalan struktur bangunan, dilakukan perbandingan hasil analisis kinerja dari tahapan desain kedua peraturan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio bentang/kedalaman balok tinggi semakin menurun kapasitas balok tinggi. Balok tinggi yang dirancang menggunakan ACI 318-19 menghasilkan panjang penjangkaran yang lebih besar dan kebutuhan tulangan terdistribusi vertikal yang lebih banyak dibandingkan dengan SNI 2847-2019. Balok tinggi juga mempengaruhi pola keruntuhan bangunan, dimana keruntuhan bangunan terjadi secara tiba-tiba.

Kata Kunci: ACI 318-19, SNI 2847-2019, Beton Bertulang, Balok Tinggi, *Strut and Tie Model*, Analisis *Pushover*, Desain Berbasis Kinerja.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Syukur Puji Tuhan saya ucapkan pada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **KINERJA BANGUNAN TAHAN GEMPA DENGAN BALOK TINGGI METODE STRUT AND TIE BERDASARKAN SNI 2847-2019 DAN ACI 318-19** ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penyusunan naskah skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan jenjang pendidikan Program Diploma IV pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta. Saya sangat bersyukur bisa dikelilingi orang-orang baik dan hebat, yang membantu saya dalam menyelesaikan naskah skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan doa dan dukungan selama penyusunan naskah skripsi ini.
2. Ibu Dr. Anis Rosyidah dan Bapak Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing penulis yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dari awal hingga akhir untuk memberikan bimbingannya kepada penulis dengan penuh kesabaran dan teliti.
3. Ibu Dr. Dyah Nurwidyaningrum, ST,MM,M Ars selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Agus Murdiyoto, R., Drs., S.T, M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang amat sangat banyak berjasa dalam berkontribusi memberikan masukan dan motivasi selama menjalani perkuliahan terutama tugas akhir ini kepada kelas 4 Teknik Konstruksi Gedung.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S. T., M. Eng., Ph. D. selaku Kepala Program Studi Teknik Konstruksi Gedung.
6. Para dosen yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuannya serta karyawan dan staf dari Administrasi Jurusan Politeknik Negeri Jakarta.
7. Nadia Aulia Febrizki dan Husnul Khotimah, teman sesama KBK struktur yang senantiasa membantu dan memberi dukungan dari segala hal, baik berupa ilmu, waktu, tenaga dan moril.
8. Semua teman – teman TKG 18 yang terlibat dan selalu mendukung penulis



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

selama penulisan naskah skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa naskah skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan naskah skripsi ini. Sehingga, skripsi ini dapat mencapai maksud dan tujuan dalam bidang keilmuan dan penelitian serta dapat bermanfaat bagi banyak orang.



Depok, 2022
Paulus Setianugroho



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN.....	I
HALAMAN PERSETUJUAN	II
HALAMAN PENGESAHAN	III
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	IV
ABSTRACT	V
ABSTRAK	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XII
DAFTAR TABEL	XIV
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Balok Tinggi (<i>Deep Beam</i>).....	8
2.2.1. Batasan Dimensi	9
2.2.2. Batasan Tulangan.....	9
2.2.3. Pendetailan Tulangan.....	10
2.2.4. Detail pada Tumpuan.....	11
2.3. Strut And Tie Model	12
2.3.1. Sudut antara <i>Strut</i> dan <i>Tie</i>	12
2.3.2. Faktor Reduksi Kekuatan	13
2.3.3. Kekuatan Desain.....	14
2.3.4. Kekuatan <i>Strut</i>	14
2.3.5. Kuat Tekan Efektif pada Beton <i>Strut</i>	15
2.3.6. Tulangan Terdistribusi.....	18
2.3.7. Pendetailan Tulangan <i>Strut</i>	20
2.3.8. Kekuatan <i>Tie</i>	20



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.9.	Pendetailan Tulangan <i>Tie</i>	20
2.3.10.	Kekuatan Zona Nodal	21
2.4.	Analisis Beban Dorong Statik (<i>Static Pushover Analysis</i>)	21
2.5.	Desain Berbasis Kinerja / <i>Performance Based Design</i>	21
2.6.	Pola Kegagalan Struktur	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1.	Gambaran Umum.....	26
3.2.	Objek Penelitian.....	26
3.3.	Tahapan Penelitian.....	28
3.3.1.	Studi Literatur.....	28
3.3.2.	Pengumpulan Data.....	28
3.3.3.	<i>Preliminary Design</i>	32
3.3.4.	Pemodelan Struktur	33
3.3.5.	Analisis Struktur	33
3.3.6.	Perancangan Balok Tinggi.....	34
3.3.7.	Detail Penulangan Balok Tinggi.....	34
3.3.8.	Detail Penulangan Komponen Struktur	34
3.3.9.	Input Penulangan	34
3.3.10.	Kinerja Struktur Bangunan	34
3.4.	Penggunaan Peraturan.....	35
3.5.	Luaran	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1.	Kontrol Analisis Struktur.....	37
4.1.1.	Kontrol Gaya Geser Dasar dan Penskalaan Gaya.....	37
4.1.2.	Kontrol Sistem Ganda.....	37
4.1.3.	Cek P-delta.....	38
4.2.	Perancangan Balok Tinggi.....	39
4.2.1.	Dimensi Balok Tinggi.....	40
4.2.2.	Kekuatan Strut and Tie Model.....	42
4.2.3.	Detail Penulangan Strut and Tie Model.....	48
4.4.	Analisis Kinerja Struktur	49
4.4.1.	Perpindahan (<i>Displacement</i>).....	49
4.4.2.	Simpangan antar Lantai (<i>Story Drift</i>)	50
BAB V PENUTUP.....		55

5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A PRELIMINARY DESIGN.....	58
LAMPIRAN B PEMBEBANAN	58
LAMPIRAN C ANALISIS GEMPA RESPON SPEKTRUM	58
LAMPIRAN D PERHITUNGAN DESAIN BALOK TINGGI.....	58
LAMPIRAN E GAMBAR DETAIL PENULANGAN BALOK TINGGI	58



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Sudut antara <i>Strut</i> dan <i>Tie</i> . Sumber: ACI Committee 318 (2019)	13
.....	
Gambar 2.2 Nodal Hidrostatik. Sumber: ACI Committee 318 (2019); Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2019a)	15
.....	
Gambar 2.3 Efek Distribusi Gaya pada Zona Nodal yang diteruskan. Sumber: ACI Committee 318 (2019); Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2019a)	15
.....	
Gambar 2.4 Model <i>Strut and Tie</i> SNI 2847-2019. Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2019a)	17
.....	
Gambar 2.5 Model <i>Strut and Tie</i> ACI 318-19. Sumber: ACI Committee 318 (2019)	18
.....	
Gambar 2.6 Tulangan melintasi sebuah <i>Strut</i> . Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2019a)	19
.....	
Gambar 2.7 Tipikal Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur	22
Gambar 3.1 Denah Kolom-Balok Lt. 2	26
Gambar 3.2 Denah Kolom-Balok Lt. 3-9	27
Gambar 3.3 Denah Kolom-Balok Lt. 10	27
Gambar 3.4 Bagan Alir Tahapan Penelitian	32
Gambar 3.5 Model Bangunan 3D	33
Gambar 3.6 Bagan Alir <i>Performance Based Design</i>	35
Gambar 4.1 Grafik Korelasi Rasio l/h dengan b_w	41
Gambar 4.2 Model <i>Strut and Tie</i> Balok Tinggi Rasio $l/h = 2$	42
Gambar 4.3 Model <i>Strut and Tie</i> Balok Tinggi Rasio $l/h = 3$	42
Gambar 4.4 Model <i>Strut and Tie</i> Balok Tinggi Rasio $l/h = 4$	43
Gambar 4.5 Korelasi antara Rasio l/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₁</i>	45
Gambar 4.6 Korelasi antara Rasio l/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₂</i>	45
Gambar 4.7 Korelasi antara Rasio l/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₃</i>	45
Gambar 4.8 Korelasi antara Rasio l/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut T₁</i>	46
Gambar 4.9 Korelasi antara Rasio a/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₁</i>	46
Gambar 4.10 Korelasi antara Rasio a/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₂</i>	47
Gambar 4.11 Korelasi antara Rasio a/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut C₃</i>	47
Gambar 4.12 Korelasi antara Rasio a/h dengan Kapasitas Desain (ϕF_n) <i>Strut T₁</i>	47

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.13 <i>Displacement</i> akibat <i>Pushover</i>	50
Gambar 4.14 Simpangan antar Lantai akibat Beban <i>Pushover</i> arah x dan arah y	50
Gambar 4.15 <i>Pushover Analysis</i> arah X	51
Gambar 4.16 <i>Pushover Analysis</i> arah Y	51
Gambar 4.17 <i>Hinge Result</i> Kolom C90 akibat Beban <i>Pushover</i> arah x	52
Gambar 4.18 <i>Plastic Hinge</i> di Kolom C90 akibat Beban <i>Pushover</i> arah x	53
Gambar 4.19 <i>Hinge Result</i> Kolom C85 akibat Beban <i>Pushover</i> arah y	53
Gambar 4.20 <i>Plastic Hinge</i> di Kolom C90 & 85 akibat Beban <i>Pushover</i> arah y	54



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketebalan Selimut Beton untuk Komponen Struktur Beton Non-prategang yang dicor di Tempat	11
Tabel 2.2 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	13
Tabel 2.3 Perbedaan Persyaratan Kuat Tekan Efektif pada Beton Strut, f_{ce}	16
Tabel 2.4 Koefisien β_s pada <i>Strut</i> (SNI 2847-2019).....	16
Tabel 2.5 Koefisien β_s pada <i>Strut</i> (ACI 318-19)	17
Tabel 2.6 Koefisien β_c pada <i>Strut</i>	18
Tabel 2.7 Tulangan Terdistribusi Minimum	19
Tabel 2.8 Koefisien β_n pada Nodal	21
Tabel 2.9 Target Taraf dan Jangkauan Kinerja Bangunan.....	23
Tabel 2.10 Level Desain Gempa berdasarkan Kinerja.....	24
Tabel 3.1 Pembebanan Pelat Lantai	29
Tabel 3.2 Pembebanan Pelat Lantai	29
Tabel 3.3 Beban Angin	29
Tabel 3.4 Parameter Analisis Beban Gempa.....	30
Tabel 3.5 Rekapitulasi Dimensi Komponen Struktur	32
Tabel 4.1 <i>Joint Reaction</i> Dinding Geser	38
Tabel 4.2 Persentase Gaya Seismik yang dipikul Dinding Geser	38
Tabel 4.3 Cek P-delta arah X	39
Tabel 4.4 Cek P-delta arah Y	39
Tabel 4.5 Kesamaan Indikator Perancangan Balok Tinggi.....	40
Tabel 4.6 Resume Dimensi Balok Tinggi.....	41
Tabel 4.7 Rekapitulasi Gaya Dalam (<i>Internal Forces</i>) <i>STM</i> pada Balok Tinggi berdasarkan SNI 2847-2019 dengan 3 Jenis Rasio l/h	43
Tabel 4.8 Rekapitulasi Gaya Dalam (<i>Internal Forces</i>) <i>STM</i> pada Balok Tinggi berdasarkan ACI 318-19 dengan 3 Jenis Rasio l/h	44
Tabel 4.9 Detail Penulangan SNI 2847-2019	48
Tabel 4.10 Detail Penulangan ACI 318-19.....	49

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Balok tinggi merupakan komponen struktur yang sangat diperlukan pada berbagai tipe struktur seperti balok transfer, struktur balok lepas pantai, pile caps, dinding fondasi, struktur penahan pembangkit nuklir, dan struktur gedung bertingkat (Jasim et al., 2020; Khatab et al., 2017; Mohammadhassani, 2012). Balok tinggi dibebani dengan cara yang sama seperti balok normal, namun memiliki rasio bentang/kedalaman yang lebih kecil, ini mengakibatkan kekuatan balok tinggi cenderung ditentukan oleh kekuatan geser dibandingkan kekuatan lentur (Mohammadhassani, 2012; Russo et al., 2006; Zhang et al., 2022). Pada balok normal, balok dapat runtuh setelah mengalami kegagalan tegangan diagonal (*diagonal tension failure*). Sedangkan, pada komponen struktur balok tinggi, balok dapat memikul beban yang lebih berat bahkan setelah balok mengalami retak diagonal (Mohammadhassani, 2012).

Kegagalan struktur pada balok tinggi berbeda dengan balok normal akibat perbedaan dalam geometri dan mekanisme penyaluran beban. Aksi geser pada balok tinggi menyebabkan kompresi pada arah diagonal dan tegangan pada arah tegak lurus. Gangguan tegangan internal akibat beban terkonsentrasi yang berat dan terus ditingkatkan dapat mengakibatkan tulangan transversal maupun longitudinal mulai mengalami leleh. Ini menghasilkan retak awal pada zona kompresi di dekat perletakan yang terus menjalar ke daerah pembebanan. Sehingga balok mengalami penurunan daya dukung beban dan akhirnya mengakibatkan keruntuhan geser yang dapat terjadi secara mendadak (Darma & Paryati, 2019; Mohammadhassani, 2012).

Pada perencanaan bangunan tahan gempa, bangunan perlu dirancang untuk memiliki ketahanan dan tidak runtuh ketika memikul beban gempa yang dapat mempengaruhi bangunan secara berulang-ulang (beban siklik). Pada pembebanan siklik, terjadi penurunan kapasitas geser balok beton bertulang akibat terjadinya retak diagonal pada balok beton bertulang yang membuka dan menutup secara terus-menerus. Semakin besar deformasi, semakin tinggi penurunan kekakuan geser yang terjadi (Jin et al., 2016; Mahyuddin & Abdullah, 2019).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perilaku geser yang terjadi pada balok tinggi dan pengaruh beban siklik terhadap kapasitas geser komponen struktur menunjukkan pentingnya metode yang tepat dalam menganalisis dan mendesain komponen struktur. Pada *Strut and Tie Model* (STM) tegangan dipindahkan dari titik beban ke titik tumpuan dengan menghubungkan komponen struktur tekan yang dibebani secara aksial yang disebut *strut* dengan komponen struktur tarik yang dibebani secara aksial yang disebut *ties* pada daerah nodal (Abdul-Razzaq et al., 2021). Dalam metode STM, gaya tekan bekerja pada zona kompresi atau zona strut sedangkan gaya tarik diwakili oleh tulangan longitudinal, pada keadaan ini gaya tekan pada bidang diagonal strut dapat dimodelkan (Darma & Paryati, 2019). Kekuatan daerah diskontinuitas yang didesain menggunakan STM juga mengakomodasi beban seismik dalam mendesain komponen struktur karena elemen STM mempertimbangkan sistem penahan seismik untuk mengatasi penurunan kekuatan akibat pembalikan perpindahan dan gaya (ACI Committee 318, 2019). Hal-hal tersebut yang membuat metode *strut and tie* menjadi model dan mekanisme analisis yang rasional, cukup akurat, dan cukup sederhana untuk mengestimasi kapasitas beban balok tinggi beton bertulang (Ashour & Yang, 2008).

Indonesia memiliki sebuah standar yang disusun secara terstruktur dan ditetapkan pada Desember 2019 oleh Badan Standarisasi Nasional yaitu Standar Nasional Indonesia 2847 Tahun 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan yang merupakan hasil modifikasi dari standar *American Concrete Institute* 318 Tahun 2014. Standar ini mencantumkan pembahasan mengenai *strut and tie model* yang baru diperkenalkan dan tidak didefinisikan dengan jelas pada standar sebelumnya yaitu SNI 2847-2013 (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2013, 2019)

Pada Juni 2019, *American Concrete Institute* mempublikasi ACI 318-19 sebagai standar baru yang ditetapkan untuk menggantikan standar sebelumnya ACI 318-2014. Di dalam peraturan ACI 318-19, terdapat beberapa perubahan pada bab yang secara khusus membahas tentang metode *strut and tie*. Perubahan-perubahan tersebut terkait kekuatan tekan efektif, sudut minimum antara *strut* dan *tie*, efek dari prategang, pengembangan kekuatan *tie*, kekuatan *strut* dan tegangan geser maksimum, penulangan minimum pada *D-region* dan penghapusan *bottle-shaped strut*, simpul melengkung, serta bagian *strut and tie method* pada sistem penahan gaya gempa (ACI Committee 318, 2019). Hal ini perlu diperhitungkan sebagai bagian dari



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perkembangan baru yang nantinya berpotensi untuk diadaptasi menjadi Standar Nasional Indonesia.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dibandingkan standar baru yang dikeluarkan oleh *American Concrete Institute* yaitu ACI 318-19 dengan SNI 2847-2019 dalam hal perancangan balok tinggi pada bangunan tahan gempa dengan metode *strut and tie*. Hal ini dilakukan sebagai bagian dari persiapan untuk SNI dapat mengadaptasi ACI 318-19 untuk menjadi persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung yang baru.

1.2. Rumusan Masalah

Terdapat beberapa perbedaan dalam aspek perancangan balok tinggi antara SNI 2847-2019 dengan ACI 318-19, yaitu kekuatan tekan efektif, sudut minimum antara *strut* dan *tie*, efek dari prategang, pengembangan kekuatan *tie*, kekuatan *strut* dan tegangan geser maksimum, penulangan minimum di *D-region* dan penghapusan *bottle-shaped strut*, simpul melengkung, dan bagian *strut and tie method* pada sistem penahan gaya gempa. Perbedaan ini patut diteliti lebih lanjut terkait analisis pengaruh perbedaan kedua persyaratan tersebut pada bangunan gedung tahan gempa yang memiliki komponen struktur balok tinggi. Aspek-aspek permasalahan ini yang menjadi fokus perhatian dan dapat menjadi rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana dimensi balok tinggi dan rasio bentang terhadap tinggi keseluruhan balok yang paling menghasilkan gaya dalam terkecil terhadap desain menggunakan metode *strut and tie*?
2. Bagaimana perbandingan perancangan balok tinggi dengan metode *strut and tie* pada bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 2847-2019 dan ACI 318-19?
3. Bagaimana taraf kinerja dan pola kegagalan struktur bangunan tahan gempa dengan balok tinggi menggunakan analisis gempa *pushover*?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi dimensi balok tinggi dan rasio bentang terhadap tinggi keseluruhan balok yang menghasilkan gaya dalam terkecil terhadap desain menggunakan metode *strut and tie*.
2. Membandingkan tahapan desain balok tinggi dengan metode *strut and tie* pada bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 2847-2019 dan ACI 318-19.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Menganalisis taraf kinerja dan pola kegagalan struktur bangunan tahan gempa yang menggunakan balok tinggi dengan analisis gempa *pushover*.

1.4. Batasan Masalah

1. Bangunan dimodelkan pada kelas situs tanah sedang.
2. Analisis penelitian hanya dilakukan untuk struktur atas.
3. Sistem struktur menggunakan sistem ganda.
4. Identifikasi dimensi balok ditentukan dengan menentukan gaya dalam dari 3 balok tinggi dengan rasio bentang terhadap kedalaman yang berbeda yaitu rasio 4, rasio 3, dan rasio 2.
5. Detail penulangan difokuskan terhadap komponen struktur balok tinggi.
6. Analisis gempa menggunakan *pushover analysis*.
7. Dilakukan perancangan balok tinggi berdasarkan 2 persyaratan yaitu SNI 2847-2019 dan ACI 318-19
8. Model bangunan dirancang hanya dengan memperhatikan aspek teknis bangunan.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan pedoman proyek akhir. Adapun sistematika yang digunakan terdiri atas 6 (enam) bab, yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang dalam penulisan, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari penelitian terdahulu serta pembahasan mengenai balok tinggi, *strut and tie method*, *pushover analysis*, *performance based design*, pola-pola kegagalan struktur, dan hipotesis penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas gambaran umum penelitian, objek penelitian, rancangan penelitian, tahapan penelitian, penggunaan peraturan, dan luaran.



BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini diawali dengan penyajian data yang digunakan sebagai input dalam perancangan dan pemodelan bangunan. Kemudian disajikan hasil yang didapatkan dari penelitian beserta analisis dan pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang didapatkan disertai dengan saran untuk penelitian selanjutnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Dari analisis struktur balok tinggi, rasio bentang/kedalaman (l/h) dari balok tinggi yang memiliki gaya *strut and tie* yang paling kecil adalah rasio 2 dengan gaya desain (ϕF_n) *strut* S_1 sebesar 2581.88 kN, *strut* S_2 sebesar 2581.88 kN, *strut* S_3 sebesar 2065.50 kN, dan *tie* T_1 sebesar 1665.51 kN. Didapatkan juga pengaruh rasio l/h terhadap lebar perlu balok tinggi, dimana berkurangnya rasio l/h akibat penambahan kedalaman balok tinggi (h) menghasilkan penurunan lebar balok tinggi (b_w). Pada rasio $l/h = 4$ diperlukan lebar balok minimum sebesar 439.06 mm, diambil 550 mm, pada rasio $l/h = 3$ diperlukan lebar balok minimum sebesar 325.40 mm, diambil 450 mm, pada rasio $l/h = 2$ diperlukan lebar balok minimum sebesar 214.40 mm, diambil 350 mm.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ACI 318-19 menghasilkan hasil rancangan balok tinggi yang lebih aman dibandingkan SNI 2847-2019. Balok tinggi yang dirancang menggunakan ACI 318-19 menghasilkan panjang penjangkaran yang lebih besar dan kebutuhan tulangan terdistribusi vertikal yang lebih banyak dibandingkan dengan SNI 2847-2019.
3. Hasil kinerja untuk bangunan tahan gempa yang menggunakan balok tinggi sebagai balok transfer dengan analisis gempa *pushover* menunjukkan bahwa lokasi sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom yang menumpu balok tinggi dengan kinerja CP (*collapse prevention*). Hal ini menunjukkan asumsi bahwa balok tinggi dapat mempengaruhi indikator *strong column-weak beam* yang perlu dipenuhi dan menunjukkan bahwa pola keruntuhan bangunan terjadi secara tiba-tiba.

5.2. Saran

1. Dapat dilakukan perbandingan pengaruh rasio bentang/kedalaman (l/h) dengan perbedaan nilai rasio yang lebih detail, sehingga bisa didapatkan hasil yang lebih komprehensif terkait hubungan rasio l/h terhadap gaya *STM* balok tinggi. Dapat dilakukan juga perbandingan dengan balok tinggi yang memiliki ukuran bentang sama dengan kedalaman ($l/h = 1$).

2. Dapat dilakukan perbandingan perancangan balok tinggi menggunakan persyaratan SNI 2847-2019 dan ACI 318-19 untuk model *strut and tie* yang memiliki komponen *tie* vertikal.
3. Dapat memperbesar dimensi kolom atau menggunakan balok tinggi dengan dimensi yang lebih kecil, sehingga tidak mempengaruhi pola kegagalan struktur bangunan secara keseluruhan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Razzaq, K. S., Jalil, A. M., & Dawood, A. A. (2020). Reinforced Concrete Continuous Deep Beams under The Effect of Different Parameters. *AIP Conference Proceedings*, 2213(March), 020127. <https://doi.org/10.1063/5.0000055>
- Abdul-Razzaq, K. S., Mustafa Jalil, A., & Asaad Dawood, A. (2021). Reinforcing Struts and Ties in Concrete Continuous Deep Beams. *Engineering Structures*, 240(April), 112339. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112339>
- ACI Committee 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-19). In *American Concrete Institute*.
- Aji, H. S., Rosyidah, A., & Saputra, J. (2022). The Effect of Variation of Shear Walls Placement on The Response of Building Structure using The Direct Displacement-Based Design Method. *SINERGI*, 26(2), 201. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.2.009>
- Alnuaimi, A. S., Patel, I. I., & Al-Mohsin, M. C. (2013). Design Results of RC Members Subjected to Bending, Shear, and Torsion Using ACI 318:08 and BS 8110:97 Building Codes. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 18(4), 213–224. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000158](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000158)
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356-November 2000)* (Issue November). Federal Emergency Management Agency (FEMA).
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2006). *Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines: Program Plan for New and Existing Buildings (FEMA 445-August 2006)* (Issue August).
- Applied Technology Council (ATC). (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC 40). In *Seismic Safety Commission* (Vol. 1).
- Ashour, A., & Yang, K.-H. (2008). Application of Plasticity Theory to Reinforced Concrete Deep Beams: A Review. *Magazine of Concrete Research*, 60(9), 657–664. <https://doi.org/10.1680/mac.2008.00038>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Issue 8).

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*.
www.bsn.go.id
- Cheng, M.-Y., & Cao, M.-T. (2014). Evolutionary Multivariate Adaptive Regression Splines for Estimating Shear Strength in Reinforced- Concrete Deep Beams. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 28, 86–96.
<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.11.001>
- Darma, E., & Paryati, N. (2019). Investigasi Keruntuhan Geser Balok Tinggi Beton Bertulang dan Beton Fiber dengan Metode Eksperimental, Metode Numerik dan Metode Strut and Tie. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 7(2), 69–78.
- Ertanto, B. C., Satyarno, I., & Suhendro, B. (2017). Performance Based Design Bangunan Gedung untuk Level Kinerja Operasional. *Inersia*, 13(2), 189–204.
- Hawileh, R. A., Malhas, F. A., & Rahman, A. (2009). Comparison between ACI 318-05 and Eurocode 2 (EC2-94) in Flexural Concrete Design. *Structural Engineering and Mechanics*, 32(6), 705–724.
<https://doi.org/10.12989/sem.2009.32.6.705>
- Jasim, W. A., Tahnat, Y. B. A., & Halahla, A. M. (2020). Behavior of Reinforced Concrete Deep Beam with Web Openings Strengthened with (CFRP) Sheet. *Structures*, 26(February), 785–800. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.003>
- Jin, L., Du, X., Li, D., & Su, X. (2016). Seismic Behavior of RC Cantilever Beams Under Low Cyclic Loading and Size Effect on Shear Strength: An Experimental Characterization. *Engineering Structures*, 122, 93–107.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.04.048>
- Khatab, M. A. T., Ashour, A. F., Sheehan, T., & Lam, D. (2017). Experimental investigation on continuous reinforced SCC deep beams and Comparisons with Code provisions and models. *Engineering Structures*, 131, 264–274.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.11.005>
- Lateef, A. M., & Ahmed, A. L. (2021). *Effect of Deep Beam Width on Shear Behavior Produced by Normal and Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete*. 9(3), 817–827. <https://www.researchgate.net/publication/353909394%0AEffect>
- Mahyuddin, R. N., & Abdullah, M. Z. A. (2019). Analisis Kapasitas Sambungan Balok Kolom Terhadap Beban Siklik Sesuai dengan Penjelasan SNI 2847-2013. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(3), 141–147.
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 214–224.
- Mansour, M. Y., Dicleli, M., Lee, J. Y., & Zhang, J. (2004). Predicting The Shear Strength of Reinforced Concrete Beams using Artificial Neural Networks. *Engineering Structures*, 26(6), 781–799. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.01.011>
- Mohammadhassani, M. (2012). *Structural Behavior of High Strength Self Compacting Concrete Deep Beams*. University of Malaya.
- Pokhrel, M., & Bandelt, M. J. (2019). Plastic Hinge Region and Rotation Capacity in Reinforced HPFRCC Flexural Members at Collapse Level. *Protect*, 200(September). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109699>
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2021). *Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021*. DBTPP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian PUPR. <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Russo, G., Venir, R., & Pauletta, M. (2006). Reinforced Concrete Deep Beams Shear Strength Model and Design Formula. *ACI Structural Journal*, 103(1), 429–437. <https://doi.org/10.14359/15080>
- Shahnewaz, M., Rteil, A., & Alam, M. S. (2020). Shear Strength of Reinforced Concrete Deep Beams – A Review with Improved Model by Genetic Algorithm and Reliability Analysis. *Structures*, 23(April 2019), 494–508. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.09.006>
- Slowik, M. (2014). Shear Failure Mechanism in Concrete Beams. *Procedia Materials Science*, 3, 1977–1982. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.06.318>
- Tabsh, S. W. (2013). Comparison between Reinforced Concrete Designs Based on the ACI 318 and BS 8110 Codes. *Structural Engineering and Mechanics*, 48(4), 467–477. <https://doi.org/10.12989/sem.2013.48.4.467>
- Tavio, & Wijaya, U. (2020). *Buku Panduan Desain Struktur Beton Bertulang Lanjut*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Deepublish.

- Tsai, M., & Lin, B. (2008). Investigation of Progressive Collapse Resistance and Inelastic Response for An Earthquake-Resistant RC Building Subjected to Column Failure. *Engineering Structures*, 30(12), 3619–3628. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2008.05.031>
- Yang, K. H., & Ashour, A. F. (2008). Load Capacity of Reinforced Concrete Continuous Deep Beams. *Journal of Structural Engineering*, 134(6), 919–929. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2008\)134:6\(919\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2008)134:6(919))
- Zameeruddin, M., & Sangle, K. K. (2016). Review on Recent Developments in The Performance-Based Seismic Design of Reinforced Concrete Structures. *Structures*, 6, 119–133. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2016.03.001>
- Zhang, G., Ali, Z. H., Aldlemy, M. S., Mussa, M. H., Salih, S. Q., Hameed, M. M., Al-Khafaji, Z. S., & Yaseen, Z. M. (2022). Reinforced Concrete Deep Beam Shear Strength Capacity Modelling using an Integrative Bio-Inspired Algorithm with an Artificial Intelligence Model. *Engineering with Computers*, 38(S1), 15–28. <https://doi.org/10.1007/s00366-020-01137-1>