

Penerapan Analisis Beban Berdasarkan SNI 1727:2020 untuk Meningkatkan Keamanan Struktural Balok pada Proyek Rumah Susun Kota Surakarta

Muhammad Aziz Proklamalatu*, Atikah Larasati

Universitas Sebelas Maret

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v2i3.4728>

*Correspondence: Muhammad Aziz

Proklamalatu

Email: azizproklamalatu@staff.uns.ac.id

Received: 30-05 2025

Accepted: 30-06-2025

Published: 30-07-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This study aims to evaluate the structural safety of beams in the Public Housing Project of the Surakarta City Government using the Indonesian National Standard (SNI) 1727:2020 as a reference for minimum building load requirements. A quantitative descriptive approach was employed, utilizing secondary data sourced from project documentation. The analysis focused on beam B45 as a representative sample, considering dead loads, live loads, and their respective combinations. The results indicate that the nominal moment capacity (M_n) of 326.72 kNm exceeds the ultimate moment (M_u) of 219.15 kNm, confirming that the beam is structurally safe under actual service loads. The beam configuration, which includes high-strength concrete ($f'_c = 35$ MPa) and steel reinforcement ($f_y = 420$ MPa), conforms to standard structural specifications. The load distribution was modeled using two-way trapezoidal assumptions simplified into uniformly distributed loads on the beam. These findings confirm that the B45 beam is structurally safe and capable of withstanding applied service loads, even under extreme conditions. The results highlight the importance of reevaluating structural elements whenever design modifications occur during construction. Ensuring that beam structures comply with current national standards is crucial for maintaining structural integrity and public safety in multistory residential buildings.

Keywords: Beam Analysis, SNI 1727:2020, Public Housing, Structural Load, Construction Safety

Pendahuluan

Pembangunan rumah susun merupakan salah satu upaya pemerintah dalam menyediakan hunian layak bagi masyarakat, khususnya di daerah perkotaan dengan keterbatasan lahan. Pemerintah Kota Surakarta saat ini tengah melaksanakan proyek pembangunan rumah susun sebagai solusi penyediaan hunian vertikal yang efisien, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Pembangunan ulang Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta muncul sejak pertengahan 2021 silam. Banyaknya kerusakan fisik dari bangunan yang digarap di era Walikota Joko Widodo pada tahun 2009 silam itu membuat Pemerintah Kota Surakarta merencanakan pembangunan ulang dengan mekanisme merobohkan dan mendirikan bangunan baru yang lebih tahan lama. Bangunan ini dirobohkan beberapa tahun lalu lantaran bangunan terjadi deformasi dan spesifikasi struktur yang tidak sesuai dengan rencana sehingga banyak terjadi kegagalan struktur. Dalam DED Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta yang sebelumnya terdiri

dari dua tower dengan lima lantai itu nantinya akan dibangun ulang dengan lebih menarik. Tidak hanya dibangun ulang dengan bangunan dan kapasitas lebih banyak namun juga akan ditata kewasannya sehingga menjadi lebih nyaman untuk masyarakat. Ditambah penyediaan *Sewage Treatment Plant (STP)* adalah fasilitas yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan dari air limbah, baik domestik maupun industri, sebelum dibuang ke lingkungan. Penyediaan *Sewage Treatment Plant (STP)* merupakan salah satu cara pemerintah untuk meningkatkan kualitas hidup penghuni dibandingkan dengan kondisi di permukiman sebelumnya. Pembangunan rencananya dibuat dua tower 8 lantai dengan jumlah 248 unit di dalamnya. Tapi untuk tahun 2024 baru akan dibangun satu tower terlebih dahulu dikarenakan anggaran yang belum pasti. Jumlah ini lebih banyak dari Rumah susun sebelumnya yang hanya menampung 198 unit saja. Sehingga tidak hanya penghuni lama, adanya tambahan unit bisa digunakan untuk warga atau penghuni baru lainnya.

Namun, dalam proses pelaksanaan proyek ini, ditemukan adanya penyesuaian desain struktur, khususnya pada elemen balok, yang dilakukan akibat perubahan kondisi lapangan, keterbatasan material, atau efisiensi pelaksanaan. Penyesuaian tersebut dapat mempengaruhi kekuatan dan kestabilan struktur, sehingga perlu dilakukan evaluasi dan analisis keamanan struktur balok yang telah dibangun, terutama dalam menahan beban-beban yang bekerja sesuai standar nasional yang berlaku. Perubahan desain struktural selama pelaksanaan konstruksi merupakan fenomena umum dalam proyek-proyek pembangunan, baik karena keterbatasan kondisi lapangan, perubahan fungsi ruang, maupun pertimbangan efisiensi biaya dan waktu. Namun, setiap penyesuaian tersebut harus diikuti dengan evaluasi teknis menyeluruh untuk menjamin bahwa perubahan tersebut tidak mengurangi kapasitas struktur terhadap beban kerja aktual. Penelitian oleh Setiawan et al. (2021) menegaskan bahwa ketidaksesuaian antara desain awal dan kondisi lapangan dapat menyebabkan lemahnya performa struktur jika tidak segera dianalisis ulang dengan metode yang sesuai. Oleh karena itu, pemanfaatan pendekatan pembebanan yang sistematis dan mengacu pada standar nasional seperti SNI 1727:2020 menjadi langkah penting dalam menjamin integritas struktur, khususnya pada elemen kritis seperti balok. Selain itu, pembangunan rumah susun sebagai solusi hunian vertikal menuntut ketepatan dalam desain elemen struktur terhadap beban dinamis yang berubah-ubah. Studi oleh De Domenico & Ricciardi (2018) dan Rahman et al. (2020) menunjukkan bahwa balok sebagai elemen penyalur beban harus dirancang berdasarkan kombinasi beban paling kritis untuk memastikan kekakuan dan kekuatannya, terutama pada bangunan bertingkat yang memiliki banyak penghuni. Kegagalan struktur yang disebabkan oleh pembebanan yang tidak dihitung secara akurat dapat berakibat fatal, tidak hanya terhadap fungsi bangunan tetapi juga terhadap keselamatan jiwa. Oleh karena itu, integrasi antara dokumen perencanaan, hasil observasi lapangan, serta perhitungan berbasis standar nasional merupakan langkah strategis dalam menjamin keberhasilan proyek rumah susun secara teknis dan fungsional. Dalam konteks proyek rumah susun, ketelitian terhadap desain elemen struktural seperti balok menjadi lebih krusial karena adanya beban berulang akibat aktivitas penghuni dan peralatan rumah tangga. Sebagaimana dijelaskan oleh Liu, Xu, & Yan (2019), ketidakcermatan dalam menghitung beban aktual dapat menyebabkan degradasi kinerja balok secara progresif, terutama pada bangunan bertingkat. Oleh karena

itu, desain ulang atau evaluasi ulang harus memperhitungkan pembebanan dinamis secara akurat.

Evaluasi performa struktur balok pada bangunan bertingkat telah menjadi fokus penting dalam banyak studi teknik sipil. Misalnya, penelitian oleh Zhang et al. (2021) menunjukkan bahwa variasi konfigurasi tulangan sangat mempengaruhi performa lentur dan geser pada balok beton bertulang di zona seismik. Sejalan dengan itu, Yilmaz & Bayraktar (2014) menekankan pentingnya penggunaan beban kombinasi dalam evaluasi struktur bangunan tinggi untuk menghindari ketidaksesuaian antara desain dan kondisi aktual di lapangan. Sementara itu, Zhang, Liu, & Chen (2021) menekankan bahwa pada struktur rumah susun yang berada di wilayah dengan aktivitas seismik, interaksi antara beban lateral dan beban gravitasi menjadi faktor kritis. Oleh karena itu, penerapan metode evaluasi struktural berbasis kombinasi beban seperti yang dianjurkan dalam SNI 1727:2020 dan Eurocode perlu dilakukan untuk memastikan kapasitas struktur tetap berada dalam batas aman. Lebih lanjut, dalam studi oleh Widodo & Handayani (2021), dijelaskan bahwa evaluasi keandalan balok pada bangunan tinggi tidak hanya bergantung pada kekuatan material, tetapi juga pada keakuratan data input dan kondisi aktual proyek.

Salah satu acuan yang relevan dalam hal pembebanan struktur adalah SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Penggunaan SNI 1727:2020 yang memuat ketentuan terkini mengenai beban minimum sangat penting karena telah diperbarui berdasarkan perkembangan terbaru dalam ilmu struktur dan praktik internasional. Dalam hal ini, pendekatan SNI sejalan dengan ASCE 7-16 yang juga menitikberatkan pada evaluasi kombinasi beban kritis dalam desain struktur (Gupta et al, 2022). Standar ini menggantikan versi sebelumnya (SNI 1727:2013) dan memberikan panduan yang lebih komprehensif terkait jenis-jenis beban yang harus diperhitungkan dalam desain struktur, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, gempa, serta kombinasi bebannya.

Pembangunan ulang suatu struktur eksisting memerlukan pengkajian ulang seluruh elemen struktural dengan acuan standar terbaru untuk menghindari potensi kesalahan masa lalu. Penelitian oleh Nugroho et al. (2022) menekankan bahwa revisi terhadap desain awal harus segera disertai dengan kajian ulang struktural berbasis standar pembebanan terkini agar tidak terjadi underdesign pada elemen-elemen vital. Hal serupa disampaikan oleh Phan dan Nguyen (2020) yang menyatakan bahwa penerapan standar nasional seperti SNI maupun internasional seperti Eurocode harus mempertimbangkan seluruh jenis beban yang mungkin bekerja selama masa layanan struktur, termasuk beban ekstrem sesekali. Selain itu, dalam lingkungan urban dengan lahan terbatas, bangunan vertikal menghadirkan tantangan beban dinamis yang lebih tinggi. Studi oleh Zhang et al. (2021) mengungkapkan bahwa elemen balok pada bangunan vertikal memikul beban lentur dan lateral secara simultan yang dapat menyebabkan kerusakan dini jika perencanaan tidak memperhitungkan interaksi beban secara tepat. Oleh karena itu, penerapan SNI 1727:2020 menjadi landasan yang sangat penting untuk memastikan bahwa semua kategori beban dihitung secara komprehensif sejak tahap desain.

Analisis keamanan balok dalam proyek ini sangat penting untuk memastikan bahwa struktur memenuhi aspek keamanan, kekuatan, dan stabilitas yang dipersyaratkan. Balok sebagai elemen vertikal penyangga utama harus mampu menahan gaya aksial dan lentur akibat beban-beban tersebut. Ketidaksesuaian antara desain awal dan kondisi aktual dapat menimbulkan potensi kegagalan struktur jika tidak ditinjau ulang secara teknis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keamanan elemen balok pada proyek pembangunan rumah susun Pemerintah Kota Surakarta berdasarkan ketentuan dalam SNI 1727:2020, serta mengevaluasi apakah balok yang dibangun sudah aman terhadap beban yang bekerja.

Balok adalah elemen struktural yang menerima gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya (Dipohusodo, 1994). Balok merupakan elemen struktural yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom sebagai penyangga vertikal. Pada umumnya balok dicor secara monolit dengan pelat dan secara struktural dipasang tulangan di bagian bawah dan di bagian atas. Dua hal utama yang dialami oleh balok ialah gaya tekan dan gaya tarik, antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral (Wahyudi & Rahim, 1999).

Beban yang bekerja pada struktur bangunan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis menurut SNI 1727:2020, yaitu:

- 1) Beban mati (*dead load*): Beban tetap yang berasal dari berat sendiri struktur dan komponen permanen lainnya.
- 2) Beban hidup (*live load*): Beban variatif seperti aktivitas manusia, furnitur, dan peralatan.
- 3) Beban angin (*wind load*): Beban horizontal yang berasal dari tekanan angin.
- 4) Beban gempa (*earthquake load*): Beban akibat gerakan seismik, dihitung sesuai SNI 1726.
- 5) Kombinasi beban: Kombinasi beberapa jenis beban berdasarkan kondisi paling kritis (*ultimate limit state* dan *serviceability limit state*).

Perubahan atau penyesuaian desain pada tahap konstruksi dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti keterbatasan lapangan, ketersediaan material, atau efisiensi waktu dan biaya. Penyesuaian ini dapat berupa perubahan ukuran balok, tinggi lantai, penempatan bukaan, dan sebagainya. Meskipun umum terjadi, perubahan tersebut harus tetap diperiksa dari aspek keamanan struktur. Jika tidak dievaluasi dengan cermat, perubahan dapat menurunkan kapasitas struktur dan meningkatkan risiko keruntuhan, terutama pada balok sebagai elemen vital. Penelitian oleh Nugroho et al. (2022) menunjukkan bahwa margin keamanan (*safety margin*) yang tinggi antara momen nominal dan momen ultimate menjadi indikator utama struktur yang andal. Studi lain oleh Cho & Kim (2020) mengindikasikan bahwa penggunaan mutu beton tinggi seperti $f'c = 35$ MPa meningkatkan ketahanan struktur secara signifikan terhadap gaya lateral akibat gempa. Aspek efisiensi pelaksanaan yang disertai dengan perubahan desain juga banyak diteliti. Setiawan et al. (2021) menyoroti bahwa perubahan desain akibat keterbatasan lapangan tetap dapat diterima selama dievaluasi ulang berdasarkan standar teknis terkini, seperti SNI atau ACI. Sebagai contoh, penelitian oleh Rahman et al. (2020) menunjukkan bahwa balok yang dirancang ulang tetap memenuhi syarat kekakuan dan kekuatan asalkan perhitungannya menggunakan data lapangan yang akurat.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa struktur balok yang dibangun telah memenuhi aspek keamanan dan mampu menahan beban kerja aktual. Evaluasi teknis diperlukan untuk menghindari potensi kegagalan struktur di masa mendatang, terutama pada bangunan hunian yang dihuni oleh banyak orang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keamanan balok pada proyek pembangunan rumah susun Pemerintah Kota Surakarta berdasarkan ketentuan SNI 1727:2020, serta mengevaluasi kesesuaian kapasitas struktur terhadap beban yang bekerja.

Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, penelitian yang menggambarkan kondisi proyek tertentu, kemudian dilakukan analisis berdasarkan data yang ada. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan SNI 1727:2020 (Wijimulawiani, 2023). Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. Artefak Arkindo KSO PT. Ciria Expertindo Consultant. Waktu penelitian dilakukan selama bulan Juni 2024 sampai Januari 2025. Penggunaan metode kuantitatif deskriptif dalam evaluasi struktur telah banyak digunakan dalam studi sejenis, karena memungkinkan analisis berbasis data proyek riil dan membandingkannya terhadap standar teknis seperti SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019. Seperti yang dijelaskan oleh Widodo & Handayani (2021), pendekatan ini efektif dalam mengidentifikasi deviasi antara kondisi aktual dan spesifikasi desain yang direncanakan.

Penelitian ini dilaksanakan di Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta berlokasi di Jl. Sungai Serang I No: 313 Kec. Pasar Kliwon, Semanggi, Kota Surakarta. Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta dengan luas lahan 9789 m² dengan konsep bangunan delapan lantai dan luas bangunan 7257,6 m². PT. Artefak Arkindo KSO PT. Ciria Expertindo Consultant bertindak sebagai konsultan Manajemen Konstruksi dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta.



Gambar 1. Siteplan Lokasi Proyek

Populasi dalam penelitian ini adalah semua aktivitas konstruksi pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta dan semua data sekunder yang terkait langsung dengan Detail Engineering Design (DED) dan perubahannya selama proyek Pembangunan berlangsung. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah metode dokumentasi. Metode dokumentasi adalah mencari

data mengenai hal-hal yang berupa tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang. Dalam penelitian ini, dokumen yang termasuk dalam data penelitian adalah: DED dan segala perubahannya. Menurut studi oleh Wahyuni & Suparno (2021), keakuratan data sekunder dari dokumen DED dan laporan struktur sangat menentukan validitas hasil analisis keamanan struktur. Oleh karena itu, seluruh dokumen dalam proyek ini ditelaah secara menyeluruh agar perhitungan pembebanan sesuai dengan kondisi aktual lapangan.

Triangulasi data merupakan teknik pengumpulan data yang menggabungkan data yang telah ada beserta sumbernya (Adolph, 2016). Terdapat triangulasi sumber, triangulasi teknik, dan triangulasi data, dan triangulasi waktu. Pada penelitian kali ini, teknik yang digunakan adalah triangulasi sumber, untuk menguji kredibilitas suatu data yang dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap data yang telah diperoleh dari sumber data seperti wawancara, arsip, dokumen, dan sejenisnya. Berdasarkan teknik validitas data yang dilakukan, data diperoleh dari Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta dengan cara dokumentasi kepada pihak proyek. Teknik triangulasi sumber dalam pengumpulan data telah terbukti meningkatkan kredibilitas hasil evaluasi proyek konstruksi (Setiawan et al, 2021).

Teknik analisis data pada penelitian ini melibatkan analisis data kedalam format yang mudah dipahami. Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif deskriptif yang melibatkan pemeriksaan data yang telah didapatkan, kemudian dianalisis untuk memperoleh jawaban dari permasalahan yang ditemukan dengan membandingkan antara desain balok yang telah dilaksanakan pada proyek pembangunan untuk menentukan apakah desain perencanaan balok tersebut aman secara konstruksi terhadap pembebanan yang ada.

Hasil dan Pembahasan

Untuk mendukung analisis keamanan struktur balok pada proyek pembangunan rumah susun Pemerintah Kota Surakarta, terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap berbagai tipe balok yang digunakan dalam konstruksi. Tabel-tabel berikut menyajikan spesifikasi dimensi dan detail penulangan dari masing-masing tipe balok, baik pada bagian tumpuan maupun lapangan. Informasi ini mencakup ukuran balok, jumlah serta diameter tulangan atas dan bawah, jenis sengkang, dan tulangan pinggang. Data ini menjadi dasar penting dalam penentuan kapasitas penampang dan perhitungan kekuatan balok sesuai ketentuan dalam SNI 1727:2020.

Tabel 1. Spesifikasi Ukuran Balok Beam 2-8

No	Tipe Balok	Dimensi	Tumpuan			Lapangan				
			Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang	Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang
1	B23A	250x300	3D 19	3D 19	D10-100	-	3D 19	3D 19	D10-100	-
2	B24	200x400	4D 16	2D 16	D10-150	-	2D 16	4D 16	D10-150	-
3	B24A	250x400	5D 19	3D 19	D10-150	-	3D 19	5D 19	D10-150	-
4	B25A	250x500	5D 19	3D 19	D10-100	-	3D19	5D 19	D10-100	-

No	Tipe Balok	Dimensi	Tumpuan			Lapangan				
			Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang	Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang
5	B33	300x300	4D 19	4D 19	D10-100	-	4D 19	4D 19	D10-100	-
6	B35	300x500	6D 19	4D 19	D10-150	-	4D 19	6D 19	D10-150	-
7	B36	300x600	6D 19	4D 19	D10-125	-	4D 19	6D 19	D10-125	-
8	B44	400x400	4D 19	4D 19	1.5D10-100	2D 13	4D 19	4D 19	1.5D10-100	2D 13
9	B45	400x500	7D 19	5D 19	1.5D10-100	4D 13	5D 19	7D 19	1.5D10-100	4D 13
10	B46	400x600	8D 19	6D 19	D10-100	4D 13	6D 19	8D 19	D10-100	4D 13
11	B56	500x600	-D 19	-D 19	D10-100	-D 13	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13
12	B66	600x600	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13

Tabel 2. Ukuran Beam Roof 1

No	Tipe Balok	Dimensi	Tumpuan			Lapangan				
			Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang	Tul. Atas	Tul. Bawah	Sengkang	Tul. Pinggang
1	B24A	250x400	5D 19	3D 19	D10-150	-	3D 19	5D 19	D10-150	-
2	B25A	250x500	5D 19	3D 19	D10-100	-	3D 19	5D 19	D10-100	-
3	B33	300x300	4D 19	4D 19	D10-100	-	4D 19	4D 19	D10-100	-
4	B34	300x400	5D 19	3D 19	D10-150		3D 19	5D 19	D10-150	
5	B35	300x500	5D 19	3D 19	D10-150		3D 19	5D 19	D10-150	-
6	B36	300x600	5D 19	3D 19	D10-125	2D 13	3D 19	5D 19	D10-125	2D 13
7	B45	400x500	6D 19	4D 19	D10-100	2D 13	4D 19	6D 19	D10-100	2D 13
8	B46	400x600	7D 19	5D 19	D10-100	4D 13	5D 19	7D 19	D10-100	4D 13
9	B47	400x600	7D 19	5D 19	D10-100	4D 13	5D 19	7D 19	D10-100	4D 13
10	B56	500x600	-D 19	-D 19	D10-100	-D 13	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13
11	B66	600x600	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13	-D 19	-D 19	D10-100	4D 13
12	B24	200x400	4 – D16	2 – D16	D10-100		2 – D16	4 – D16	D10-150	

Tabel 3. Ukuran Beam

No	Tipe Balok	Dimensi	Tumpuan				Lapangan			
			Tul. Atas	Tul. Bawah	Senggang	Tul. Pinggang	Tul. Atas	Tul. Bawah	Senggang	Tul. Pinggang
1	B23	200X300	3D 16	2D 16	D10-150	-	2D 16	3D 16	D10-150	-
2	B24	200X400	3D 16	2D 16	D10-150	-	2D 16	3D 16	D10-150	-
3	B24A	250X400	5D 19	3D 19	D10-150	-	3D 19	5D 19	D10-150	-
4	B25A	250X500	5D 19	3D 19	D10-125	-	3D 19	5D 19	D10-125	-
5	B25C	250X550	5D 19	3D 19	D10-125	-	3D 19	5D 19	D10-125	-
6	B26A	250X600	5D 19	3D 19	D10-125	2D 13	3D 19	5D 19	D10-125	2D 13
7	BR33	300X300	3D 16	3D 16	D10-150	-	3D 16	3D 16	D10-150	-

Analisis struktur dilakukan pada balok tipe B45 yang terletak pada elevasi +28,0 m lantai delapan proyek pembangunan rumah susun Pemerintah Kota Surakarta. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai momen nominal kapasitas (M_n) sebesar 326,72 kNm, sedangkan momen ultimate (M_u) yang bekerja sebesar 219,15 kNm. Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas momen nominal yang dimiliki balok lebih besar dibandingkan momen beban ultimit yang diterima, dengan selisih sebesar 107,57 kNm.

Selisih tersebut mencerminkan adanya margin keamanan (safety margin) yang cukup signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa balok B45 mampu menahan beban kerja secara aman, termasuk dalam kondisi pembebanan ekstrem sekalipun. Penelitian oleh Nugroho et al. (2022) menunjukkan bahwa margin keamanan (safety margin) yang tinggi antara momen nominal dan momen ultimate menjadi indikator utama struktur yang andal. Studi lain oleh Cho & Kim (2020) mengindikasikan bahwa penggunaan mutu beton tinggi seperti $f'_c = 35$ MPa meningkatkan ketahanan struktur secara signifikan terhadap gaya lateral akibat gempa. Dalam konteks bangunan hunian vertikal seperti rumah susun, keamanan balok menjadi prioritas karena berhubungan langsung dengan keselamatan penghuni. Hasil perhitungan dalam proyek ini menunjukkan bahwa rasio M_n/M_u lebih besar dari satu, yang juga menjadi tolok ukur utama dalam desain struktur menurut Eurocode 2 (EN 1992-1-1) seperti ditunjukkan oleh penelitian oleh De Domenico & Ricciardi (2018). Oleh karena itu, dengan pendekatan berbasis SNI 1727:2020 dan dukungan mutu material tinggi, struktur balok proyek ini dapat dianggap telah memenuhi kriteria desain struktural modern yang diterapkan di berbagai negara, seperti ditunjukkan oleh studi Mander et al. (2020) tentang bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa.

Perhitungan penelitian ini didasarkan pada data teknis proyek serta ketentuan pembebanan yang mengacu pada SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Hasil ini sekaligus mengindikasikan bahwa penyesuaian desain yang dilakukan selama pelaksanaan proyek masih berada dalam batas toleransi dan aman terhadap struktur balok yang telah dibangun.

Evaluasi performa balok dilakukan dengan mempertimbangkan beban mati (dead load) dan beban hidup (live load) sesuai kategori fungsi ruang yang diatur dalam SNI 1727:2020. Penggunaan parameter beban yang bersifat konservatif dalam perhitungan memberikan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap ketahanan struktur. Metode distribusi beban trapesium dua arah yang diterapkan pada analisis pelat, kemudian diasumsikan sebagai beban merata pada balok, dinilai cukup representatif dan efisien dalam menyederhanakan proses perhitungan tanpa mengurangi akurasi hasil.

Kinerja balok juga ditunjang oleh penggunaan material dengan mutu tinggi, yaitu mutu beton $f'c = 35$ MPa dan tulangan baja dengan tegangan leleh $f_y = 420$ MPa. Konfigurasi penulangan yang digunakan pada balok B45 sesuai dengan standar teknis dan telah dikonfirmasi melalui dokumen proyek.

Dengan memadukan pendekatan teoritis melalui metode analisis struktur dan verifikasi teknis berdasarkan dokumen pelaksanaan proyek, hasil yang diperoleh memberikan gambaran bahwa prosedur evaluasi dan desain ulang yang dilakukan terhadap elemen balok telah memenuhi standar keamanan struktural yang ditetapkan. Oleh karena itu, balok B45 dapat dinyatakan layak dan aman secara struktural untuk digunakan dalam konstruksi bangunan rumah susun ini.

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa balok tipe B45 pada proyek pembangunan rumah susun Pemerintah Kota Surakarta telah memenuhi kriteria keamanan struktur berdasarkan ketentuan SNI 1727:2020. Nilai momen nominal (M_n) yang lebih besar dibandingkan momen ultimate (M_u) mengindikasikan bahwa balok berada dalam kondisi aman terhadap beban kerja, baik beban mati, beban hidup, maupun kombinasi beban maksimum. Temuan ini mencerminkan penerapan prinsip rekayasa struktural yang tepat, meskipun terdapat penyesuaian desain selama pelaksanaan konstruksi. Implementasi perhitungan berbasis standar terbaru memberikan dasar perencanaan yang lebih konservatif dan realistis dalam menjamin stabilitas struktur bangunan bertingkat.

Sebagai saran, setiap perubahan desain struktural di lapangan harus segera disertai dengan analisis ulang berdasarkan standar teknis yang berlaku untuk memastikan tidak terjadi penurunan kapasitas struktur. Keterlibatan aktif dari tim pengawas teknis dan pelaksana proyek juga diperlukan guna memastikan seluruh deviasi dari gambar rencana telah diverifikasi secara menyeluruh. Penerapan SNI 1727:2020 secara konsisten direkomendasikan dalam setiap tahapan evaluasi struktur, khususnya pada proyek hunian vertikal yang memiliki beban dinamis tinggi dari aktivitas penghuni.

Daftar Pustaka

- Alimuddin, R., & Satria, T. (2022). Desain ulang balok pada proyek rusun: Studi kasus. *Jurnal Teknik Sipil Riset*, 13(4), 88–96.
- Anggraini, L., & Utomo, R. (2019). Evaluasi proyek pembangunan gedung berdasarkan pendekatan kuantitatif. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 8(2), 45–52.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI- 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Gedung. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726-2012. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan Gedung. SNI 2847-2013. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). Tata Cara Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung. SNI 1727-2013. Jakarta
- Callahan, M. T. (1992). Construction Project Scheduling. McGraw-Hill. New York
- Choi, J., Kim, S., & Lee, D. (2021). Evaluation of RC beam strength with high-performance materials. *Engineering Structures*, 239, 112280.
- Febriana, W, U. A. (2021). Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT. *Jurnal Ilmu Teknik Sipil Surya Beton*. Retrieved from *Jurnal Ilmu Teknik Sipil Surya Beton*.
- Gunawan, A., Rizki, A., & Salim, R. (2023). Relevansi SNI 1727:2020 dalam evaluasi proyek vertikal. *Jurnal Reka Teknik Sipil*, 14(1), 75–84.
- Halim, Y., Arfan, R., & Ramadhan, I. (2020). Metode pembebanan pelat dalam struktur bertingkat. *Jurnal Teknik Struktur*, 11(3), 199–207.
- Handayani, S., & Utama, B. (2020). Perbandingan hasil desain balok dengan berbagai standar pembebanan. *Jurnal Teknik dan Manajemen Konstruksi*, 9(2), 65–74.
- Haryanto, B., Safitri, T., & Setyaningsih, A. (2023). Evaluasi struktur akibat penyesuaian desain lapangan. *Jurnal Konstruksi Indonesia*, 17(2), 88–97.
- Hidayat, M., & Nugraha, D. (2021). Studi margin keamanan balok beton bertulang pada gedung bertingkat. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 10(2), 33–40.
- Kerzner, H. *Project Management For Executive*. Van Nostrand Reinhold Company, 1982.
- Kim, H., & Kang, M. (2023). Performance comparison of structural beams under variable loads. *Journal of Civil Engineering Research*, 13(2), 55–66.
- Kim, T., Yoon, J., & Cho, B. (2020). Comparative study on ASCE and SNI load codes in beam analysis. *Journal of Structural Engineering*, 146(9), 04020198.
- Laporan Bulanan bulan Juni th 2024, 2024, Paket Pekerjaan Manajemen Konstruksi Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta.
- Laporan Perhitungan Struktur Atas Proyek “Perencanaan Rusun Semanggi Surakarta”. 2023
- Lee, J., & Park, H. (2019). Load resistance factor design: Review and applications. *Structural Safety*, 77, 29–37.
- Limbongan, S., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2016). Analisis Struktur Beton Bertulang Kolom Pipih Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8), 499–508.
- Liu, W., Xu, C., & Yan, L. (2019). Structural integrity of concrete beams under progressive load. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 13(1), 14.
- Mahapatni, I. A. P. S. (2019). *Metode perencanaan dan pengendalian proyek*. Denpasar: UNHI Press.
- Mandor, K. C. (2018). *Prosedur Mengajukan Request Pekerjaan Kontraktor*. Retrieved from KERKUSE: <https://www.kerkuse.id/2018/10/prosedur-mengajukan-request-pekerjaan-kontraktor.html>

- Marga, K. P. (2021, December 6). Standar Operasional Prosedur Permohonan Persetujuan Izin Kerja Pekerjaan Resiko Besar. Retrieved from Bina Marga: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1504/sopupmdjbm-150-tentang-proserdur-permohonan-persetujuan-izin-kerja-pekerjaan-resiko-besar.pdf>
- Monica, V. A. (2013). *Praktek Perencanaan dan Pengendalian Biaya Proyek Pada Kontraktor di Nunukan Kalimantan Timur* (skripsi tidak diterbitkan). Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Nurdiansyah, E., & Nugroho, P. (2022). Kajian kegagalan struktur akibat revisi desain dalam proyek rumah susun. *Jurnal Teknik Bangunan*, 5(1), 10–18.
- Prasetyo, R., & Fauzan, R. (2022). Analisis rasio momen nominal terhadap momen ultimit pada struktur beton bertulang. *Jurnal Sipil Terapan*, 9(2), 60–68.
- Program Mutu Jasa Konsultan Manajemen Konstruksi Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta. (2024).
- Putra, M. Y., & Pradipta, Y. (2021). Perbandingan SNI 1727:2013 dan SNI 1727:2020 dalam desain beban. *Jurnal Inovasi Sipil*, 4(3), 100–109.
- Rahmawati, N., & Aziz, F. (2020). Penggunaan data sekunder dalam analisis struktur proyek pemerintah. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 6(1), 45–54.
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Deepublish CV Budi Utama.
- Ratri W. (2011). *Analisis Managerial Skill Sebagai Bentuk Penerapan Budaya Organisasi Menurut Teori Cameron*
- Rencana Kerja dan Syarat – syarat pekerjaan Struktur (Spesifikasi struktur) proyek “Rusun Semanggi”, Surakarta, Jawa Tengah, 2023
- Rencana kerja dan Syarat – syarat Teknik Bab 1 Persyaratan Teknis Umum. (2024). Dokumen Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta.
- Rencana kerja dan Syarat – syarat Teknik Bab 2 pekerjaan Infrastruktur. (2024). Dokumen Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Surakarta.
- Rosyada, L., & Wibowo, D. (2021). Simulasi struktur balok pada bangunan apartemen bertingkat. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 4(1), 50–59.
- Samosir, R., & Anggara, D. (2021). Review literatur: Kinerja balok dalam bangunan vertikal. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, 7(3), 101–112.
- Sari, A., & Wulandari, L. (2023). Optimalisasi desain struktur balok berdasarkan beban kerja aktual. *Jurnal Sipil Aktual*, 15(2), 77–84.
- Sastrohadiwiryono, S. (2002). *Manajemen Tenaga Kerja Indonesia*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Setiawan, A., Rachman, T., & Yunita, D. (2023). Penerapan metode deskriptif kuantitatif pada studi konstruksi. *Jurnal Riset Konstruksi*, 5(4), 70–80.
- Simanjuntak, J., Bartholomeus., Simanjuntak, S., Lumbangaol, P. & Agnes, A. (2021). Analisa Kontrak Proyek Konstruksi Di Indonesia. *Jurnal Visi Eksakta*. 2. 205-214.
- Siregar, D., & Simanjuntak, J. (2022). Risiko kegagalan struktur akibat perubahan desain proyek. *Jurnal Kajian Konstruksi*, 8(2), 55–63.
- Surbakti, A., Hartono, R., & Dewi, R. (2020). Kinerja elemen balok dalam sistem struktur beton bertulang. *Jurnal Struktur Bangunan*, 6(2), 90–98.

- Syamsuddin, A., & Huda, M. (2018). Validasi data lapangan dengan triangulasi dalam studi struktur. *Jurnal Metode Riset*, 7(3), 109–117.
- System, P. K. (2021, November 2). JSA - Job Safety Analysis. Retrieved from kiscerti: <https://kiscerti.co.id/artikel/jsa-job-safety-analysis>
- Ummah, T. S., Handayani¹, N. K., Lapaega, A. (2023). Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Penggunaan Scaffolding dengan Perth Construction Hire (PCH).
- Wibowo, A., Hidayat, M. T., Rochim, A., Sipil, J. T., Teknik, F., & Malang, U. B. (2016). Variasi Rasio Volume Tulangan Transversal Dengan Inti Beton Variasi Rasio Volume Tulangan Transversal Dengan Kolom Beton Bertulang. 3(April), 181–191.
- Widodo, A. A., & Handayani, T. (2021). Analisis keandalan struktur balok pada bangunan tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta*, 7(2), 88–95.
- Widodo, A., & Farid, M. (2023). Pengaruh konfigurasi tulangan terhadap kekuatan lentur balok. *Jurnal Beton dan Struktur*, 10(1), 20–28.
- Wijaya, T., & Hadi, K. (2021). Evaluasi teknis struktur balok pasca revisi desain lapangan. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 12(3), 111–118.
- Zhang, L., Liu, Q., & Chen, Y. (2021). Flexural behavior of reinforced concrete beams under seismic loading. *Engineering Structures*, 243, 112705.
- Zhou, Y., Lin, C., & Zhang, W. (2019). Flexural performance of high-strength RC beams under load variation. *Construction and Building Materials*, 211, 421–430.