

Evaluasi Mutu Material Pekerjaan Struktur Atas Proyek Tower X Berdasarkan SNI 2847 2019 dan SNI 2052 2017

Fajri Yusmar^{1*}, Rivaldo Damara², Nevy Sandra³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, 25132 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: fajriyusmar@ft.unp.ac.id

Received 4th May 2023; 1st Revision 12th May 2023; Accepted 19th June 2023

ABSTRAK

Beberapa aturan terkait dengan kualitas material beton yang masih sering diabaikan adalah jumlah benda uji minimal yang harus diambil, bagaimana menentukan nilai dari kuat tekan suatu hasil benda uji, serta bagaimana mengevaluasi untuk kriteria penerimaan benda uji yang harus dipenuhi dan dilaporkan. Sedangkan untuk material baja tulangan, hal yang semestinya turut diperiksa, selain mengenai uji tarik yang meliputi batas kuat luluh, dan kuat tarik, adalah batas regangan. Proyek pembangunan X yang terletak di Kota Depok merupakan salah satu proyek konstruksi yang direncanakan terdiri dari 24 lantai hunian, dan 1 lantai basement di bawahnya. Tidak maksimalnya beberapa hasil pekerjaan bila diikuti dengan rendahnya kualitas material akan berdampak buruk terhadap performa struktur dalam memikul beban. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kriteria penerimaan kualitas untuk material beton dan baja tulangan. Hasil evaluasi dan analisis terhadap hasil pengujian material menunjukkan bahwa material tersebut telah memenuhi spesifikasi teknis dan persyaratan yang ada di dalam SNI 2847:2019 dan SNI 2052:2017.

Kata Kunci: Beton; Baja Tulangan; Spesifikasi Teknis; SNI 2847 2019 ; SNI 2052 2017.

ABSTRACT

Some regulations related to the quality of concrete materials, which are still often overlooked, include the minimum number of test specimens that should be taken, how to determine the compressive strength value of a test specimen, and how to evaluate the acceptance criteria for test specimens that must be met and reported. As for reinforcing steel materials, besides the tensile test that covers the yield strength and tensile strength limits, the strain limit should also be examined. Project X, located in Depok City, is one construction project planned to consist of 24 residential floors and one basement floor underneath. The subpar quality of some work results, coupled with low-quality materials, can have a detrimental impact on the structural performance in carrying loads. This research aims to evaluate the acceptance criteria for the quality of concrete and reinforcing steel materials. The evaluation and analysis of the testing results materials indicate that the materials have met the technical specifications and requirements specified in SNI 2847:2019 and SNI 2052:2017.

Keywords: Concrete; Reinforcement Steel; Technical Specifications; SNI 2847:2019; SNI 2052:2017.

Copyright © Fajri Yusmar, Rivaldo Damara, Nevy Sandra

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi tanah air saat ini sedang mengalami kemajuan dan peningkatan. Hal ini ditandai dengan pembangunan infrastruktur yang semakin pesat, seperti pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi di kota-kota besar, jembatan dengan bentang panjang, struktur *Light Rapid Transit* (LRT), struktur *Mass Rapid Transit* (MRT), jalan tol, kereta cepat Jakarta-Bandung, bandara, pelabuhan dll [1]-[2]. Semua infrastruktur tersebut diharapkan mampu menahan dan memikul beban-beban yang bekerja, sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik sesuai dengan peruntukannya [3]. Sementara itu, sebagian besar kota di Indonesia merupakan kawasan dengan potensi bencana yang tinggi, terutama akibat gempa bumi. Hal ini semakin mengharuskan proses perencanaan struktur serta tahap pelaksanaan dan pengawasan konstruksi harus benar-benar memperhatikan kaidah-kaidah perencanaan dan pelaksanaan sesuai dengan ketentuan dan peraturan-peraturan yang berlaku saat ini.

Perencanaan yang baik tidak akan berarti, bila tahap pelaksanaan konstruksi tidak sesuai dengan dokumen perencanaan, serta dilakukan dengan pengawasan yang rendah. Buruknya kualitas pekerjaan dan rendahnya pengawasan pekerjaan dilapangan dapat menimbulkan kegagalan struktur [4]. Secara umum terdapat dua faktor penyebab dari kegagalan struktur. Faktor pertama adalah terkait dengan aspek teknis yang meliputi penyimpangan proses pelaksanaan dengan perencanaan yang telah tertuang pada dokumen *Detail Engineering Design* (DED) dan spesifikasi teknis. Faktor kedua adalah aspek non teknis yang bisa disebabkan karena proses pra kontrak (*bidding*) atau tidak kompetennya badan usaha, tenaga kerja, tidak profesionalnya tata kelola manajerial antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi, serta lemahnya supervisi [5]. Salah satu faktor dari aspek teknis yang dapat menyebabkan kegagalan konstruksi adalah aspek material pada pekerjaan struktur [6]. Rendahnya kualitas material yang digunakan, atau tidak sesuai antara kualitas material yang direncanakan dengan material yang terpasang di lapangan [7]. Hal ini juga berkaitan langsung dengan aspek non teknis, seperti kurangnya pengawasan dari konsultan pengawas, serta rendahnya kompetensi sumber daya yang akan menghasilkan kualitas pekerjaan yang tidak maksimal.

Material struktur merupakan salah satu unsur terpenting dalam setiap proses konstruksi. Terutama konstruksi untuk bangunan yang ramah terhadap gempa bumi. Tanpa adanya jaminan terhadap kualitas material terpasang, maka hasil konstruksi yang diperoleh tidak akan mencapai sasaran kualitas yang diharapkan [8]. Untuk menghindari ketidaksesuaian mutu material pekerjaan struktur, seperti pekerjaan beton maka pihak terkait harus mengacu kepada SNI 2847 2019, sedangkan untuk pekerjaan struktur terkait dengan material baja tulangan mengacu kepada SNI 2052 2017. Namun demikian, sebagian praktisi konstruksi masih belum familiar dengan peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan pemerintah, terutama aturan-aturan terbaru [9]. Kurangnya kesadaran dalam *update* pengetahuan mengenai peraturan-peraturan terbaru berdampak kepada masih banyak praktisi konstruksi yang belum menggunakan SNI secara utuh, terutama untuk daerah-daerah yang masih memiliki tenaga ahli yang terbatas. Selain itu masih banyak masyarakat yang memiliki kepatuhan yang rendah terhadap aturan-aturan, dengan harapan bisa menghasilkan konstruksi dengan biaya yang lebih murah.

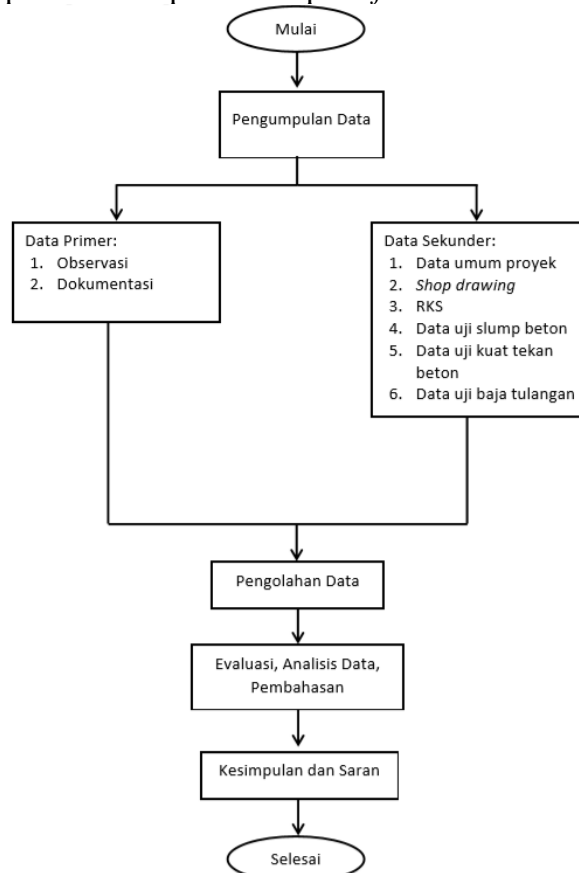
Beberapa aturan terkait dengan kualitas material beton yang masih sering diabaikan adalah jumlah benda uji minimal yang harus diambil, bagaimana menentukan nilai dari kuat tekan suatu hasil benda uji, serta bagaimana mengevaluasi untuk kriteria penerimaan benda uji yang

harus dipenuhi dan dilaporkan. Sedangkan untuk material baja tulangan, hal yang semestinya turut diperiksa, selain mengenai uji tarik yang meliputi batas kuat luluh, dan kuat tarik, adalah batas regangan. Untuk sistem struktur yang didesain memiliki daktilitas tinggi regangan merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi agar struktur memiliki kinerja yang baik saat mengalami beban siklik. Selain uji tarik juga perlu dilakukan uji lengkung yang meliputi pemeriksaan sudut lengkung dan diameter pelengkung. Kemudian perlu juga diperiksa nilai rasio antara kuat luluh dan kuat tarik serta toleransi untuk berat baja tulangan, dan toleransi diameter tulangan.

Proyek pembangunan X yang terletak di Kota Depok merupakan salah satu proyek konstruksi yang direncanakan terdiri dari 24 lantai hunian, dan 1 lantai basement di bawahnya. Berdasarkan observasi dan pengamatan di lapangan masih ditemukan beberapa permasalahan terkait dengan kualitas hasil pekerjaan struktur, seperti (1) terdapat cacat pekerjaan pada permukaan beton yang keropos pada kolom, (2) air semen keluar pada *shear wall* setelah dicor, (3) spasi tulangan sengkang tidak sesuai rencana, (4) keretakan pada pelat lantai. Tidak maksimalnya beberapa hasil pekerjaan bila diikuti dengan rendahnya kualitas material akan berdampak buruk terhadap performa struktur dalam memikul beban. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kriteria penerimaan kualitas untuk material beton dan baja tulangan berdasarkan SNI 2847 2019 dan SNI 2052 2017.

METODE

Secara singkat alur dari penelitian dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam analisis meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan survei dan observasi lapangan ke lokasi proyek, sedangkan data sekunder yang diperoleh dari proyek berupa data hasil pengujian beton dan hasil pengujian baja tulangan. Data tersebut kemudian dianalisis dan dievaluasi.

Analisis Data

Material Beton Bertulang

Uji kekuatan tekan merupakan hasil rata-rata pengujian setidaknya dua silinder berukuran 150 mm × 300 mm atau tiga silinder berukuran 100 mm × 200 mm yang terbuat dari beton dengan sampel yang sama dan berusia 28 hari, atau usia pengujian saat beton mencapai f_c' [10]. Kuat tekan suatu benda uji beton dapat diperoleh menggunakan persamaan (1).

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

Keterangan:

f_c = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban runtuh yang diterima oleh beton (N)

A = Luas beton (mm²)

Kriteria penerimaan nilai kuat tekan mengacu kepada SNI 2847 2019 pasal 26.12.3. Kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika dua hal berikut dipenuhi.

- A. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari kuat tekan rencana.

$$HUK = \frac{f_c \text{ Silinder 1} + f_c \text{ Silinder 2}}{2} \quad (2)$$

$$f'_c = \frac{HUK1 + HUK2 + HUK3}{3} \quad (3)$$

Keterangan:

HUK1 = Hasil Uji Kuat Tekan 1 (MPa)

HUK2 = Hasil Uji Kuat Tekan 2 (MPa)

HUK3 = Hasil Uji Kuat Tekan 3 (MPa)

- B. Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai dibawah f_c' melebihi 3,5 MPa (untuk $f_c' \leq 35$ MPa) atau melebihi 0,1 f_c' (untuk $f_c' > 35$ MPa).

Material Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan terdiri dari 2 jenis pengujian, yaitu uji tarik dan uji lengkung.

- A. Uji tarik

Uji tarik dilakukan untuk menghitung batas luluh dan kuat tarik baja tulangan. Selain pengujian tarik dilakukan juga pemeriksaan regangan yang terjadi pada benda uji menggunakan persamaan 4, serta rasio tegangan luluh dengan tegangan tarik menggunakan persamaan 5. Nilai tersebut dievaluasi berdasarkan persyaratan yang dicantumkan pada SNI 2050 2017. Tabel 1 merupakan salah satu contoh kriteria penerimaan sifat mekanis baja tulangan untuk kelas BjTS 420B yang harus dipenuhi.

$$\varepsilon = \frac{L_u - L_o}{L_o} \quad (4)$$

$$TS = \frac{\sigma_u}{\sigma_y} \quad (5)$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

L_o = Panjang benda uji awal (mm)

- Lu = Panjang benda uji akhir (mm)
 σ_u = Kuat tarik (MPa)
 σ_y = Kuat leleh (MPa)

Tabel 1. Kriteria penerimaan baja tulangan BjTS 420B

| Kelas Baja Tulangan | Uji tarik | | | Rasio TS/YS (Hasil Uji) |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------|
| | Kuat Luluh (YS) | Kuat Tarik (TS) | Regangan dalam 200 mm. Min | |
| | MPa | MPa | % | |
| BjTS 420B | Min | Min 525 | 14 ($d \leq 19$ mm) | Min 1,25 |
| | 420 | | 12 ($22 \leq d \leq 36$ mm) | |
| | Maks 545 | | 10 ($d > 36$ mm) | |

B. Uji Lengkung

Salah satu contoh sifat mekanis uji lengkung baja tulangan beton untuk kelas BjTS 420B yang harus dipenuhi berdasarkan persyaratan SNI 2052 2017 terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria penerimaan baja tulangan BjTS 420B

| Kelas Baja Tulangan | Uji Lengkung | |
|---------------------|----------------|-------------------------------|
| | Sudut lengkung | Diameter pelengkung |
| | | mm |
| BjTS 420B | 180° | 3,5 d ($d \leq 16$ mm) |
| | 180° | 5 d ($19 \leq d \leq 25$ mm) |
| | 180° | 5 d ($29 \leq d \leq 36$ mm) |
| | 90° | 9d ($d > 36$ mm) |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Teknis

Mutu material pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan struktur atas yaitu kolom dan *shear wall* beton bertulang. Spesifikasi teknis kuat tekan menggunakan beton *ready mix*, mutu K-350 atau $f_c' 30$ MPa, sedangkan spesifikasi teknis mutu material baja tulangan menggunakan BJTS 420 B. Diameter tulangan yang digunakan adalah S10, S13, S16, dan S 19.

Hasil Pengujian Material Beton

Untuk jumlah benda uji silinder yang digunakan telah memenuhi ketentuan, yaitu minimal dua benda uji dengan ukuran sampel 150 X 300 mm. Dalam penelitian diperoleh data untuk 16 kali pengujian tekan beton untuk pekerjaan kolom dan *shear wall*. Tabel 3 menampilkan hasil pengujian kuat tekan untuk masing-masing benda uji silinder.

Tabel 3. Kuat tekan silinder benda uji

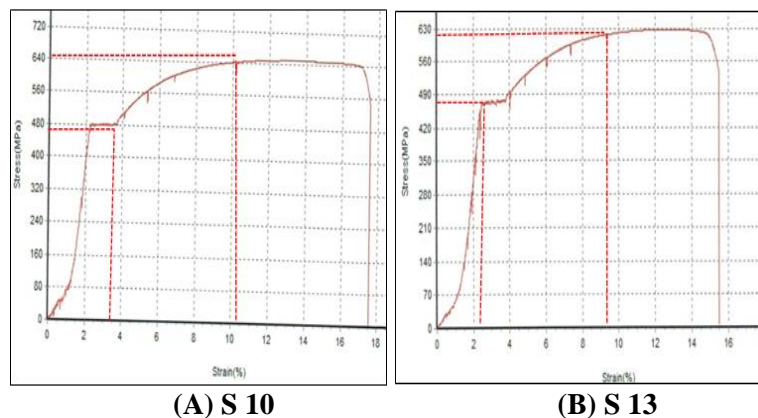
| Test | Silinder 1 | Silinder 2 |
|------|------------|------------|
| | (MPa) | (MPa) |
| 1 | 54,63 | 54,24 |
| 2 | 55,12 | 52,54 |
| 3 | 54,66 | 51,75 |
| 4 | 52,61 | 52,54 |

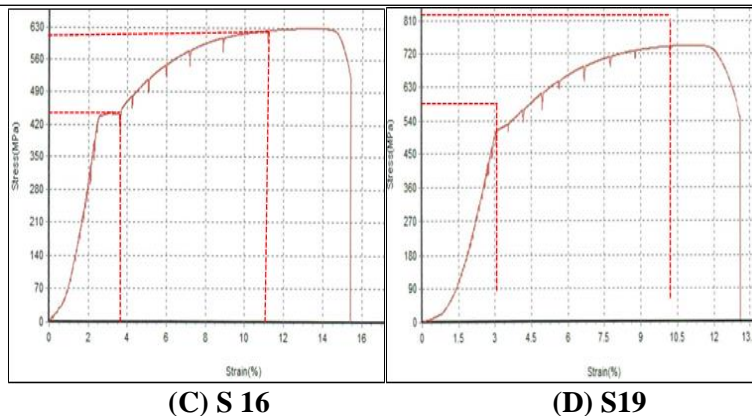
| | | |
|----|-------|-------|
| 5 | 52,71 | 52,07 |
| 6 | 33,03 | 55,37 |
| 7 | 43,52 | 59,26 |
| 8 | 48,75 | 49,67 |
| 9 | 41,97 | 36,92 |
| 10 | 39,70 | 44,30 |
| 11 | 48,14 | 48,87 |
| 12 | 34,81 | 36,21 |
| 13 | 41,46 | 41,57 |
| 14 | 40,01 | 41,08 |
| 15 | 34,98 | 35,93 |
| 16 | 40,29 | 40,80 |

Hasil Pengujian Baja Tulangan

Hasil pengujian tarik baja tulangan yang digunakan ditampilkan pada Gambar 2. Diagram hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada masing-masing diameter tulangan menunjukkan nilai tegangan luluh dan tegangan tarik yang terjadi dari awal pembebanan hingga mengalami putus. Sementara itu,

Tabel 4 menunjukkan nilai panjang awal benda uji tarik, dan kondisi pasca ditarik. Selain itu nilai tegangan luluh dan tegangan tarik untuk masing-masing diameter tulangan juga ditampilkan. Untuk hasil uji lengkung dapat dilihat pada Tabel 5.





Gambar 2. Hasil pengujian kuat luluh dan tarik (A) S 10, (B) S 13, (C) S 16, (D) S 19

Tabel 4. Nilai panjang benda uji, panjang setelah diuji, kuat luluh, dan kuat tarik baja tulangan

| Tulangan | Lo (mm) | Lu (mm) | σ_y (MPa) | σ_u (MPa) |
|----------|---------|---------|------------------|------------------|
| S 10 | 200 | 239 | 477 | 651 |
| S 13 | 200 | 242 | 469 | 627 |
| S 16 | 200 | 235 | 437 | 629 |
| S 19 | 200 | 230 | 514 | 743 |

Tabel 5. Hasil uji lengkung

| No | Diameter | Diameter Pelengkung | Sudut Lengkung |
|----|----------|---------------------|----------------|
| 1 | S 10 | 35,0 | 180° |
| 2 | S 13 | 45,5 | 180° |
| 3 | S 16 | 56,0 | 180° |
| 4 | S 19 | 95,0 | 180° |

Evaluasi Pengujian Beton

Hasil evaluasi untuk kriteria penerimaan 1 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata dari 3 benda uji berurutan masih menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih besar dari kuat tekan rencana. Sementara itu, hasil evaluasi untuk kriteria penerimaan 2 juga menunjukkan bahwa nilai hasil uji tekan untuk dua silinder menghasilkan nilai diatas syarat yang ditentukan. Adapun untuk beton dengan mutu f_c 30 MPa, masih dibolehkan untuk direduksi 3,5 MPa menjadi 26,5 MPa. Hasil evaluasi dari kriteria penerimaan 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria penerimaan nilai kuat tekan

| Kriteria Penerimaan 1 | | | | | Kriteria Penerimaan 2 | | | |
|-----------------------|-----------|---------------------------|-----------|-----|-----------------------|-----------|-----------|-----|
| No | HUK (MPa) | Rata-Rata Aritmatik (MPa) | Min (MPa) | Cek | No | HUK (MPa) | Min (MPa) | Cek |
| 1 | 54,43 | | | | 1 | 54,43 | 26,5 | OK |
| 2 | 53,83 | | | | 2 | 53,83 | 26,5 | OK |
| 3 | 53,21 | 53,82 | 30 | OK | 3 | 53,21 | 26,5 | OK |
| 4 | 52,58 | 53,20 | 30 | OK | 4 | 52,58 | 26,5 | OK |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|----|----|----|-------|------|----|
| 5 | 52,39 | 52,72 | 30 | OK | 5 | 52,39 | 26,5 | OK |
| 6 | 44,20 | 49,72 | 30 | OK | 6 | 44,20 | 26,5 | OK |
| 7 | 51,39 | 49,32 | 30 | OK | 7 | 51,39 | 26,5 | OK |
| 8 | 49,21 | 48,26 | 30 | OK | 8 | 49,21 | 26,5 | OK |
| 9 | 39,44 | 46,68 | 30 | OK | 9 | 39,44 | 26,5 | OK |
| 10 | 42,00 | 43,55 | 30 | OK | 10 | 42,00 | 26,5 | OK |
| 11 | 48,51 | 43,31 | 30 | OK | 11 | 48,51 | 26,5 | OK |
| 12 | 35,51 | 42,00 | 30 | OK | 12 | 35,51 | 26,5 | OK |
| 13 | 41,52 | 41,84 | 30 | OK | 13 | 41,52 | 26,5 | OK |
| 14 | 40,05 | 39,02 | 30 | OK | 14 | 40,05 | 26,5 | OK |
| 15 | 35,46 | 39,01 | 30 | OK | 15 | 35,46 | 26,5 | OK |
| 16 | 40,55 | 38,68 | 30 | OK | 16 | 40,55 | 26,5 | OK |

Evaluasi Pengujian Baja Tulangan

Spesifikasi teknis untuk mutu baja tulangan yang digunakan adalah BJTS 420B dengan kriteria penerimaan kuat luluh minimum 420 MPa, kuat tarik minimum 525 MPa. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa tegangan luluh (σ_y) minimum yang terjadi pada baja tulangan S16 dengan nilai 437 MPa, masih lebih besar dari syarat tegangan luluh minimum 420 MPa. Sementara itu tidak terdapat nilai tegangan luluh yang melebihi batas maksimum yang ditetapkan (525 MPa), dengan nilai maksimum terdapat pada baja tulangan S19 dengan nilai 514 MPa. Selanjutnya untuk batas minimum tegangan tarik (σ_u) yang dibolehkan adalah 525 MPa, sedangkan hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan tarik terkecil pada baja tulangan S13 dengan nilai tegangan tarik 627 MPa. Hal ini menandakan untuk persyaratan tegangan luluh dan tegangan tarik minimum terpenuhi. SNI 2052 2017 juga memberikan batasan rasio tegangan tarik dan tegangan luluh minimum sebesar 1,25 dan dari hasil analisis menunjukkan persyaratan tersebut juga masih terpenuhi.

Tabel 7. Kriteria penerimaan kuat tarik dan kuat luluh

| Diameter | σ_y | Syarat Min | Syarat Maks | Cek Min | Cek Maks | σ_u | Syarat Min | Cek | σ_u / σ_y | Syarat Min | CEK |
|----------|------------|------------|-------------|---------|----------|------------|------------|-----|-----------------------|------------|-----|
| mm | MPa | MPa | MPa | | | MPa | MPa | | | | |
| 10 | 477 | 420 | 525 | OK | OK | 651 | 525 | OK | 1,36 | 1,25 | OK |
| 13 | 469 | 420 | 525 | OK | OK | 627 | 525 | OK | 1,33 | 1,25 | OK |
| 16 | 437 | 420 | 525 | OK | OK | 629 | 525 | OK | 1,43 | 1,25 | OK |
| 19 | 514 | 420 | 525 | OK | OK | 743 | 525 | OK | 1,44 | 1,25 | OK |

Persyaratan selanjutnya mengenai nilai regangan minimum yang dibatasi nilai minimum 14%. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 8 dengan nilai minimum terjadi pada baja tulangan S19, akan tetapi nilai tersebut masih melewati batas yang ditetapkan.

Tabel 8. Kriteria penerimaan regangan

| Diameter | Lo | Lu | ϵ | Syarat Min | CEK |
|----------|-----|-----|------------|------------|-----|
| mm | mm | mm | % | % | |
| 10 | 200 | 239 | 19,5 | 14 | OK |
| 13 | 200 | 242 | 21 | 14 | OK |
| 16 | 200 | 235 | 17,5 | 14 | OK |
| 19 | 200 | 230 | 15 | 14 | OK |

Selanjutnya untuk uji lengkung kriteria penerimaan sudutnya adalah 180° dengan diameter pelengkung 3,5 s.d 5 d. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 9. Hasil analisis menunjukkan

bahwa semua aspek penerimaan material untuk baja tulangan memenuhi ketentuan minimum yang disyaratkan oleh SNI 2052 2017.

Tabel 9. Kriteria penerimaan sudut lengkung

| Diameter | Sudut Lengkung | Syarat Min | CEK | Diameter Pelengkung | Syarat Min | CEK |
|----------|----------------|------------|-----|---------------------|------------|-----|
| mm | mm | % | | mm | mm | |
| 10 | 180° | 180° | OK | 35 | 35 | OK |
| 13 | 180° | 180° | OK | 45,5 | 35 | OK |
| 16 | 180° | 180° | OK | 56 | 35 | OK |
| 19 | 180° | 180° | OK | 95 | 35 | OK |

KESIMPULAN

Hasil evaluasi dan analisis terhadap hasil pengujian material beton dan baja tulangan menunjukkan bahwa material tersebut telah memenuhi spesifikasi teknis dan persyaratan yang ada di dalam SNI 2847:2019 dan SNI 2052:2017.

REFERENSI

- [1] F. Yusmar, D. Rezki, and E. Juliafad, “Parameter Dinamik Struktur Base Isolation Dan Fixed Base Pada Gedung Bertingkat Sedang Di Kota Padang,” vol. 9, no. 2, pp. 2622–6774, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- [2] A. A. Simatupang and S. Wacono, “Pengendalian Mutu Pekerjaan Struktur Atas Proyek Kingland Avenue Apartement Serpong,” in *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 2022, pp. 9–15.
- [3] F. Yusmar, A. Prita Melinda, N. Sandra, and J. T. Sipil, “Studi Komparasi Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Menggunakan Aplikasi Metode Elemen Hingga Dengan Sni 1726 2019,” *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, vol. 10, no. 2, pp. 114–123, 2021.
- [4] S. Hardjomuljadi, “Peran Penilai Ahli Dalam Penanganan Kegagalan Bangunan Dan Kegagalan Konstruksi,” *Jurnal Konstruksia*, vol. 6, no. 1, 2014.
- [5] Y. E. Wiyana, “Analisis Kegagalan Konstruksi Dan Bangunan Dari Perspektif Faktor Teknis,” *Wahana Teknik Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 77–86, 2012.
- [6] E. Juliafad and A. P. Melinda, “Assessment of Reinforced Concrete Building for Disaster Reduction Strategy in Padang City, West Sumatra, Indonesia,” in *International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM 2018)*, 2019. doi: 10.1051/mateconf/20192.
- [7] E. Juliafad, H. Gokon, and R. R. Putra, “Defect Study On Single Storey Reinforced

Concrete Building In West Sumatra: Before And After 2009 West Sumatra Earthquake,”
International Journal of GEOMATE, vol. 20, no. 77, pp. 205–212, 2021, doi:
10.21660/2020.77.ICEE03.

- [8] B. W. Soemardi, “Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Tahan Gempa: Pengalaman Dari Bencana,” 2015.
- [9] A. Ilmiah *et al.*, “Evaluasi Karakteristik Baja Tulangan Beton di Malang Raya Berdasarkan Standar SNI 2052-2017,” *JURNAL APTEK*, vol. 13, no. 2, pp. 59–68, 2021, [Online]. Available: <http://journal.upp.ac.id/index.php/aptek>
- [10] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2847-2019 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)*. Badan Standardisasi Nasional, 2019.