

Evaluasi Kesesuaian Tulangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan Hasil Analisis SAP2000 terhadap SNI 2847:2019

Evaluation of Reinforcement Compliance in Reinforced Concrete Structures Based on SAP2000 Analysis Results According to SNI 2847:2019

Yandi Edah Bawawa^{*1}, Julius Tenda², Hellen Mantiri³

^{1,2,3}Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

*e-mail: Yandihizkia@gmail.com¹, juliusenda@polimdo.ac.id², helen.mantiri@sipil.polimdo.ac.id³

Received:
30.07.2026

Revise:
22.08.2026

Accepted:
27.08.2026

Available online:
03.09.2026

Abstract: This study aims to determine the reinforcement requirements for reinforced concrete structural elements—based on SAP2000 analysis—in compliance with SNI 2847:2019 standards. The subject of the study is the design of the UPTD Region I Office Building for the North Sulawesi Province Public Works and Spatial Planning Agency (PUPRD), utilizing a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system. Analysis was conducted using SAP2000 V20 via the response spectrum method in accordance with SNI 1726:2019, assuming Risk Category II and Site Class SE (soft soil). Evaluations were performed on a sample set comprising one column, one primary beam, one secondary beam, and one slab. The results indicate that the 400 × 400 mm column utilizes 8D16 reinforcement ($A_s = 1,607.68 \text{ mm}^2$) with a utilization ratio of 19.7%; the primary beam uses 3D16 and 2D16 reinforcement; the secondary beam uses 2D16; and the slab uses Ø10–250 mm reinforcement, with design moment capacities exceeding ultimate moments. The evaluation confirms that the analyzed elements meet the strength and detailing requirements stipulated by SNI 2847:2019.

Keywords: Reinforcement Calculation, Reinforced Concrete, SAP2000, SNI 2847:2019, SMRF.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 terhadap persyaratan SNI 2847:2019 pada elemen struktur beton bertulang. Objek penelitian berupa desain Gedung Kantor UPTD Wilayah I Dinas PUPRD Provinsi Sulawesi Utara pada tahap perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Analisis dilakukan menggunakan SAP2000 V20 dengan metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 pada kategori risiko II dan kelas situs SE (tanah lunak). Evaluasi dilakukan pada satu kolom, satu balok induk, satu balok anak, dan satu pelat sebagai elemen sampel. Hasil menunjukkan bahwa kolom 400 × 400 mm menggunakan tulangan 8D16 ($A_s = 1.607,68 \text{ mm}^2$) dengan utilization ratio 19,7%, balok induk menggunakan tulangan 3D16 dan 2D16, balok anak menggunakan 2D16, serta pelat menggunakan tulangan Ø10–250 mm dengan kapasitas momen rencana lebih besar daripada momen ultimit. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa elemen yang ditinjau memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing menurut SNI 2847:2019.

Kata kunci: Perhitungan Tulangan, Beton Bertulang, SAP2000, SNI 2847:2019, SRPMK.

1. PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu sistem struktur yang banyak diterapkan pada bangunan gedung karena memiliki kekuatan, kekakuan, dan durabilitas yang baik dalam menahan beban gravitasi maupun beban gempa. Di Indonesia, khususnya Kota Manado yang berada pada wilayah dengan tingkat bahaya gempa tinggi, perencanaan struktur harus memenuhi ketentuan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa serta SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural. Salah satu tahapan penting dalam proses perencanaan adalah menentukan kebutuhan tulangan yang mampu memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing sesuai standar (Zainuddin Husainy & Rizki Sucitra, 2023). Untuk memperoleh kebutuhan tulangan sesuai SNI 2847:2019, perencana umumnya menggunakan perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000 yang menghasilkan gaya dalam sebagai dasar desain elemen struktur (Nanda Hafiz Pratama Lubis et al., 2026). Meskipun SAP2000 mampu menghitung gaya dalam dan memberikan kebutuhan luas tulangan berdasarkan hasil analisis struktur, hasil tersebut tetap memerlukan verifikasi terhadap ketentuan SNI 2847:2019. Hal ini disebabkan kebutuhan tulangan yang dihasilkan perangkat lunak

belum secara otomatis menjamin terpenuhinya seluruh persyaratan desain, seperti luas tulangan minimum dan maksimum, rasio tulangan, kapasitas lentur, kapasitas geser, serta ketentuan detailing pada setiap elemen struktur (Agus et al., 2024).

Penelitian oleh Zain dkk. (2025) mengenai analisis perilaku struktur gedung dengan metode respons spektrum berfokus pada evaluasi parameter global struktur, seperti periode getar, gaya gempa, dan simpangan antar lantai. Penelitian tersebut menunjukkan kinerja struktur terhadap beban gempa, namun tidak membahas evaluasi kebutuhan tulangan hasil analisis terhadap persyaratan SNI 2847:2019. Sementara itu, penelitian Lubis dkk. (2026) mengenai analisis dan perencanaan struktur beton bertulang menggunakan SAP2000 lebih menitikberatkan pada proses pemodelan dan perencanaan struktur, tanpa menguraikan secara rinci verifikasi kebutuhan tulangan hasil SAP2000 terhadap persyaratan luas tulangan, rasio tulangan, kapasitas penampang, dan detailing menurut SNI 2847:2019. Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat dua kesenjangan penelitian (*research gap*). Pertama, penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada analisis respons struktur dan perencanaan menggunakan SAP2000, sedangkan evaluasi kesesuaian kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 terhadap ketentuan SNI 2847:2019 masih terbatas. Kedua, penelitian terdahulu umumnya belum menyajikan proses verifikasi kebutuhan tulangan secara rinci pada elemen struktur, meliputi pemeriksaan luas tulangan, rasio tulangan, kapasitas penampang, kapasitas geser, dan detailing sesuai persyaratan SNI 2847:2019. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui evaluasi kebutuhan tulangan berdasarkan hasil analisis SAP2000 terhadap ketentuan SNI 2847:2019.

Objek penelitian ini adalah desain Gedung Kantor UPTD Wilayah I Dinas PUPRD Provinsi Sulawesi Utara pada tahap perencanaan. Bangunan dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) karena lokasi penelitian berada pada wilayah dengan tingkat bahaya gempa tinggi sehingga diperlukan sistem struktur yang memiliki daktilitas tinggi sesuai ketentuan SNI 1726:2019. SRPMK merupakan sistem struktur yang dirancang memiliki tingkat daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang tinggi sehingga mampu mempertahankan kestabilan struktur saat menerima beban gempa kuat melalui mekanisme deformasi inelastik yang terkendali (Andréia H. A. da Silva et al., 2023). Oleh karena itu, SNI 2847:2019 menetapkan persyaratan yang lebih ketat terhadap desain dan detailing elemen SRPMK, antara lain mengenai tulangan longitudinal, daerah sendi plastis, kapasitas lentur, dan kapasitas geser (Ari Febrianto et al., 2024). Berdasarkan karakteristik tersebut, penelitian ini mengevaluasi apakah kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 pada elemen yang ditinjau telah memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing SRPMK sesuai SNI 2847:2019. Analisis struktur dilakukan menggunakan SAP2000 V20 dengan metode respons spektrum sebagai dasar untuk memperoleh gaya dalam dan kebutuhan tulangan pada elemen struktur (Soehartono & Ummi Chasanah, 2025).

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada evaluasi kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 terhadap SNI 2847:2019 pada elemen struktur yang ditinjau, yaitu satu kolom, satu balok induk, satu balok anak, dan satu pelat beton bertulang sebagai elemen sampel. Evaluasi meliputi pemeriksaan kebutuhan tulangan lentur, tulangan geser, rasio tulangan, kapasitas penampang, dan detailing sesuai ketentuan SNI 2847:2019 (Junesra Florensya Manik, 2024). Penelitian ini tidak membahas optimasi desain, analisis biaya, maupun evaluasi seluruh elemen struktur bangunan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 terhadap persyaratan SNI 2847:2019 pada elemen struktur yang ditinjau. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam melakukan verifikasi hasil analisis SAP2000 sehingga kebutuhan tulangan yang digunakan pada tahap perencanaan memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing sesuai standar nasional.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan evaluatif terhadap hasil analisis struktur menggunakan SAP2000 (Fajar Muhamad Nabil et al., 2023). Objek penelitian berupa

desain Gedung Kantor UPTD Wilayah I Dinas PUPRD Provinsi Sulawesi Utara pada tahap perencanaan. Bangunan dirancang sebagai struktur beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai SNI 1726:2019 dan dianalisis menggunakan SAP2000 V20 (Tri Satriawansyah et al., 2022).

Data yang digunakan meliputi data geometri bangunan, dimensi elemen struktur, mutu material, pembebanan, dan parameter gempa. Mutu beton yang digunakan adalah $f'_c = 25$ MPa, sedangkan mutu baja tulangan menggunakan BJTS 420 MPa untuk tulangan longitudinal kolom dan balok sedangkan BJTP 280 MPa untuk tulangan transversal dan tulangan pelat. Analisis gempa dilakukan dengan metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 menggunakan kategori risiko II dan kelas situs SE (tanah lunak).

Pemodelan struktur dilakukan pada SAP2000 V20 untuk memperoleh gaya dalam yang meliputi momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial pada elemen struktur (Jenny Suwa Muda et al., 2017). Hasil analisis global terlebih dahulu diperiksa melalui partisipasi massa kumulatif guna memastikan model memenuhi ketentuan analisis dinamik menurut SNI 1726:2019 (Arzal M. Zain et al., 2025). Selanjutnya, kebutuhan tulangan dihitung berdasarkan gaya dalam hasil analisis SAP2000. Evaluasi dilakukan pada empat elemen struktur yang dipilih sebagai sampel, yaitu satu kolom berukuran 400×400 mm, satu balok induk 300×400 mm, satu balok anak 250×350 mm, dan satu pelat beton bertulang dengan tebal 130 mm. Pemilihan elemen tersebut bertujuan untuk mewakili komponen utama struktur beton bertulang pada bangunan yang ditinjau. Kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 kemudian diverifikasi terhadap ketentuan SNI 2847:2019 (Afri Nelviwandi et al., 2022). Evaluasi meliputi:

1. pemeriksaan kebutuhan tulangan lentur;
2. pemeriksaan tulangan geser;
3. pemeriksaan luas tulangan minimum dan maksimum;
4. pemeriksaan rasio tulangan;
5. pemeriksaan kapasitas lentur dan kapasitas geser;
6. pemeriksaan detailing SRPMK, meliputi tulangan longitudinal, tulangan transversal, jarak sengkang, daerah sendi plastis, dan jarak antar tulangan.

Hasil evaluasi disajikan dalam bentuk tabel perhitungan dan pembahasan untuk setiap elemen yang ditinjau. Kesesuaian desain ditentukan berdasarkan terpenuhinya persyaratan kekuatan dan detailing sesuai SNI 2847:2019 (Raihan Daffa Hukama & Erizal, 2023). Kesimpulan penelitian dibatasi pada elemen-elemen yang dievaluasi dan tidak digeneralisasikan sebagai representasi seluruh elemen struktur bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan menggunakan SAP2000 V20 dengan metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 (Ali et al., 2023). Model struktur merupakan gedung kantor dua lantai yang dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada kategori risiko II dan kelas situs SE (tanah lunak). Sebelum dilakukan evaluasi kebutuhan tulangan, hasil analisis global terlebih dahulu diperiksa untuk memastikan model memenuhi persyaratan analisis dinamik. Parameter gempa yang digunakan dalam analisis terdiri atas $SDS = 0,7047$, $SD1 = 1,3191$, $T0 = 0,3743$ detik, dan $Ts = 1,8717$ detik. Hasil analisis menunjukkan bahwa partisipasi massa kumulatif arah X telah mencapai lebih dari 90% pada Mode 6 dan meningkat hingga sekitar 99% pada Mode 12, sedangkan arah Y mencapai sekitar 99% pada Mode 9. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah ragam getar yang digunakan telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019 sehingga model dinilai memadai untuk memperoleh gaya dalam sebagai dasar evaluasi kebutuhan tulangan. Gaya dalam hasil analisis SAP2000 digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan pada elemen struktur yang menjadi ruang lingkup penelitian. Pada kolom digunakan gaya aksial (P_u) dan gaya geser (V_u) sebagai dasar evaluasi tulangan longitudinal dan tulangan transversal. Pada balok induk

dan balok anak digunakan kebutuhan tulangan lentur $Top Area/A_{s\text{ perlu}}$ /Kebutuhan tulangan tumpuan dan $Bottom Area /A_{s\text{ perlu}}$ /Kebutuhan tulangan lapangan kebutuhan serta tulangan geser/ $V\text{Rebar}$ sebagai dasar penentuan tulangan longitudinal dan sengkang. Sementara itu, pada pelat digunakan momen lentur hasil analisis SAP2000 sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan. Evaluasi dalam penelitian ini dibatasi pada satu kolom, satu balok induk, satu balok anak, dan satu pelat beton bertulang sebagai elemen yang ditinjau, sehingga hasil yang diperoleh tidak dimaksudkan sebagai representasi seluruh elemen struktur bangunan.

3.2 Evaluasi Kesesuaian Tulangan Kolom terhadap SNI 2847:2019

Evaluasi dilakukan pada kolom beton bertulang berukuran 400×400 mm. Berdasarkan hasil analisis SAP2000 diperoleh kebutuhan luas tulangan longitudinal sebesar 1.600 mm^2 . Berdasarkan hasil perhitungan sesuai SNI 2847:2019 dipilih tulangan hasil desain 8D16 dengan luas tulangan $1.607,68 \text{ mm}^2$, sehingga kebutuhan luas tulangan terpenuhi. Rasio tulangan aktual sebesar 1,0048% masih berada dalam batas yang dipersyaratkan SNI 2847:2019.

Tabel 3. 1 Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom

Uraian	Hasil Perhitungan	Keterangan
Dimensi kolom	$400 \times 400 \text{ mm}$	Kolom persegi
Luas penampang bruto (A_g)	160.000 mm^2	$400 \times 400 \text{ mm}$
Rasio tulangan rencana (ρ)	1%	SNI 2847:2019
A_s perlu	1.600 mm^2	Hasil SAP2000
Diameter tulangan utama	D16	BJTS 420 MPa
Luas 1 batang tulangan	$200,96 \text{ mm}^2$	$\pi d^2/4$
Jumlah tulangan	8 batang	$A_s \text{ perlu} / A_s \text{ batang}$
Tulangan digunakan	8D16	$A_s \text{ pakai} = 1.607,68 \text{ mm}^2$
Kontrol A_s	$1.600 < 1.607,68 \text{ mm}^2$	Memenuhi
Rasio tulangan aktual	1,0048%	$1\% \leq \rho \leq 8\%$
Kesimpulan	Memenuhi	Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 10.6.1.1

Tabel 3. 2 Kapasitas Aksial Kolom

Uraian	Hasil
Dimensi kolom	$400 \times 400 \text{ mm}$
Tulangan longitudinal	8D16
Luas tulangan (A_s)	$1.607,68 \text{ mm}^2$
Mutu beton (f'_c)	25 MPa
Mutu baja tulangan (f_y)	420 MPa
Beban aksial terfaktor (P_u)	517,876 kN
Kapasitas nominal kolom (P_n)	4.041,06 kN
Faktor reduksi (ϕ)	0,65
Kapasitas desain (ϕP_n)	2.730,86 kN
Kapasitas maksimum kolom ($\phi P_{n,max}$)	2.626,69 kN
Kontrol	$517,876 < 2.626,69 \text{ kN}$
Utilization Ratio (UR)	19,7%
Kesimpulan	Kolom memenuhi terhadap beban aksial

Tabel 3. 3 Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Uraian	Hasil
Dimensi kolom	$400 \times 400 \text{ mm}$
Diameter tulangan utama	D16
Diameter sengkang	D10
Mutu beton	25 MPa
Mutu baja sengkang	280 MPa
Gaya geser terfaktor (V_u)	20,795 kN
Dimensi efektif (d)	342 mm
Kuat geser beton (V_c)	116,28 kN
Kapasitas geser beton (ϕV_c)	87,21 kN
Kontrol geser	$20,795 < 87,21 \text{ kN}$

Luas sengkang 2 kaki (A_v)	157 mm ²
Jarak minimum sengkang	355 mm
Jarak maksimum sengkang	256 mm
Sengkang digunakan	D10-250 mm
Kesimpulan	Memenuhi persyaratan SNI 2847:2019

Tabel 3. 4 Detail Sengkang Daerah Sendi Plastis Kolom SRPMK

Bagian Kolom	Panjang Daerah	Jarak Sengkang	Jumlah Sengkang
Daerah sendi plastis bawah	667 mm	D10-100 mm	8 buah
Daerah tengah kolom	2.666 mm	D10-250 mm	12 buah
Daerah sendi plastis atas	667 mm	D10-100 mm	8 buah
Total	4.000 mm	-	28 buah

Tabel 3. 5 Rekapitulasi Desain Tulangan Kolom

Komponen	Rencana Tulangan	Hasil Evaluasi	Status
Tulangan longitudinal	8D16	As pakai 1.607,68 mm ² > As perlu 1.600 mm ²	✓ memenuhi
Rasio tulangan	1%	1,0048%	✓ memenuhi
Kapasitas aksial	$\phi P_n, \max = 2.626,69$ kN	$P_u = 517,876$ kN	✓ memenuhi
Geser beton	$\phi V_c = 87,21$ kN	$V_u = 20,795$ kN	✓ memenuhi
Sengkang minimum	D10-250 mm	$s \leq 256$ mm	✓ Memenuhi
Detailing SRPMK	D10-100 mm daerah sendi plastis	Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5	✓ Memenuhi

Tahapan	Rumus	Tahapan	Rumus
Luas tulangan	$A_s = \rho A_g$	Kapasitas aksial	$P_n = 0,85 f'_c (A_g - A_s) + f_y A_s$
Luas 1 batang	$A_{bar} = \frac{\pi d^2}{4}$	Kapasitas rencana	$\phi P_n = 0,65 P_n$
Jumlah batang	$n = \frac{A_s}{A_{bar}}$	Utilization Ratio	$UR = \frac{P_u}{\phi P_{n, \max}} \times 100\%$
Rasio tulangan	$\rho = \frac{A_s}{A_g} \times 100\%$	Kuat geser beton	$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d$
Dimensi efektif	$d = h - c - d_s - \frac{d_b}{2}$	Kapasitas geser	$\phi V_c = 0,75 V_c$
Tulangan geser	$\frac{A_v}{s} \geq 0,062 \frac{\sqrt{f'_c} b}{f_y}$	Jarak sengkang	$s_{maks} = \min(16d_b, 48d_s, b)$

Gambar 3. 1 Rumus Perhitungan Tulangan Kolom

Pemeriksaan kapasitas aksial menunjukkan bahwa beban aksial terfaktor $P_u = 517,876$ kN lebih kecil dibandingkan kapasitas desain maksimum kolom $\phi P_n, \max = 2.626,69$ kN, dengan utilization ratio sebesar 19,7%. Pada pemeriksaan geser diperoleh $V_u = 20,795$ kN, lebih kecil daripada $\phi V_c = 87,21$ kN. Detailing sengkang menggunakan D10 – 100 mm pada daerah sendi plastis dan D10–250 mm pada daerah tengah sesuai persyaratan SRPMK. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 pada kolom yang ditinjau memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing menurut SNI 2847:2019.

3.3 Evaluasi Kesesuaian Tulangan Balok Anak terhadap SNI 2847:2019

Evaluasi dilakukan pada balok anak berukuran 250 × 350 mm. Hasil analisis SAP2000 menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan lentur berada di bawah luas tulangan minimum yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, dipilih tulangan hasil desain 2D16 dengan luas tulangan 402 mm² sesuai ketentuan minimum SNI 2847:2019.

Pada pemeriksaan geser diperoleh bahwa spasi teoritis sengkang melebihi batas maksimum yang diizinkan sehingga digunakan sengkang D10–100 mm pada daerah sendi plastis dan D10–150 mm pada daerah tengah. Pemeriksaan jarak bersih antar tulangan juga memenuhi ketentuan detailing. Hasil ini menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 perlu diverifikasi terhadap persyaratan minimum dan detailing sebelum digunakan sebagai desain elemen struktur.

Perhitungan Lentur	Rumus	Perhitungan Geser dan Detailing	Rumus
Tinggi efektif	$d = h - c - d_s - \frac{d_b}{2}$	Luas sengkang	$A_v = n A_{bar}$
Luas batang	$A_{bar} = \frac{\pi}{4} d_b^2$	Jarak sengkang	$s = \frac{A_v}{V_{smax}} \times 1000$
Rasio minimum	$\rho_{min} = \max \left(\frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y}, \frac{1.4}{f_y} \right)$	Panjang bersih balok	$L_n = L - \frac{b_1}{4} - \frac{b_2}{4}$
Luas tulangan minimum	$A_{s,min} = \rho_{min} b d$	Daerah sendi plastis	$L_o = \max \left(2h, \frac{L_n}{4} \right)$
Jumlah batang	$n = \frac{A_{s,min}}{A_{bar}}$	Jumlah sengkang	$n = \frac{L_o}{s} + 1$
Luas tulangan	$A_{s,pakai} = n A_{bar}$	Lebar bersih	$b_1 = b - 2(c + d_s)$
Rasio tulangan	$\rho = \frac{A}{b d}$	Jarak antar batang	$s = \frac{b - \sum d_b}{n - 1}$
Rasio maksimum	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$		
Luas tulangan maksimum	$A_{s,max} = \rho_{max} b d$		

Gambar 3. 2 Rumus Perhitungan Tulangan Balok

Tabel 3. 6 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Parameter	Nilai
Dimensi Balok	250 × 350 mm
Tinggi efektif (d)	292 mm
Luas tulangan minimum (As,min)	243 mm ²
Luas satu batang D16	201 mm ²
Kebutuhan tulangan atas tumpuan (SAP2000)	241 mm ²
Tulangan atas terpasang	2D16 = 402 mm ²
Kebutuhan tulangan bawah tumpuan	243 mm ²
Tulangan bawah terpasang	2D16 = 402 mm ²
Kebutuhan tulangan atas lapangan	243 mm ²
Tulangan atas terpasang	2D16 = 402 mm ²
Kebutuhan tulangan bawah lapangan (SAP2000)	119 mm ²
Tulangan bawah terpasang	2D16 = 402 mm ²

Tabel 3. 7 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

Parameter	Nilai
Kebutuhan tulangan geser (Vrebar)	297 mm ² /m
Luas sengkang D10 dua kaki (Av)	157 mm ²
Spasi hasil perhitungan	529 mm
Tinggi efektif (d)	292 mm
Spasi maksimum SNI (d/2)	146 mm
Spasi daerah sendi plastis	D10-100 mm
Spasi daerah tengah	D10-150 mm

Tabel 3. 8 Pembagian Daerah Tulangan Geser Balok Anak

Bagian Balok	Panjang (mm)	Tulangan	Jumlah Sengkang
Tumpuan kiri	900	D10-100	10 buah
Lapangan	1800	D10-150	13 buah
Tumpuan kanan	900	D10-100	10 buah
Total	3600	-	33 buah

Tabel 3. 9 Evaluasi Jarak Antar Batang Tulangan

Parameter	Nilai
Lebar balok	250 mm
Selimut beton	40 mm
Diameter sengkang	10 mm
Lebar bersih dalam sengkang (bi)	150 mm
Jumlah batang	2 batang
Jumlah diameter tulangan	32 mm
Jarak bersih antar batang	118 mm
Hasil pemeriksaan	Memenuhi SNI 2847:2019

3.4 Evaluasi Kesesuaian Tulangan Balok Induk terhadap SNI 2847:2019

Tabel 3. 10 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Induk

Lokasi	As SAP2000 (mm ²)	As Minimum SNI (mm ²)	As yang Dipakai	Jumlah Batang	As Terpasang (mm ²)	Evaluasi	Status
Tumpuan Atas	540	342	3D16	3	603	603 > 540	Memenuhi
Tumpuan Bawah	-	342	2D16	2	402	402 > 342	Memenuhi
Lapangan Bawah	255	342	2D16	2	402	402 > 342	Memenuhi
Lapangan Atas	-	342	2D16	2	402	402 > 342	Memenuhi

Tabel 3. 11 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

Daerah	Panjang (mm)	Vrebar (mm ² /m)	Av (mm ²)	Spasi Teoritis (mm)	Spasi Maks. SNI (mm)	Spasi Dipakai	Tulangan	Status
Tumpuan Kiri	900	777	157	202	≤100	100	D10-100	Memenuhi
Lapangan	1800	777	157	202	≤171	150	D10-150	Memenuhi
Tumpuan Kanan	900	777	157	202	≤100	100	D10-100	Memenuhi

Tabel 3. 12 Perhitungan Sengkang

Daerah	Panjang (mm)	Spasi (mm)	Perhitungan	Jumlah Sengkang
Tumpuan Kiri	900	100	900/100+1	10
Lapangan	1800	150	1800/150+1	13
Tumpuan Kanan	900	100	900/100+1	10
Total	3600	-	-	33 buah

Tabel 3. 13 Evaluasi Rasio Tulangan

Parameter	Rumus	Hasil	Persyaratan SNI	Status
ρ _{min}	max(0,25v _{fc} '/f _y ; 1,4/f _y)	0,00333	≥0,00333	-
ρ	As/bd	0,00588	ρ _{min} ≤ ρ ≤ ρ _{max}	Memenuhi
ρ _{max}	0,75ρ _b	0,0189	≤0,0189	-

Tabel 3. 14 Evaluasi Luas Tulangan Maksimum

Parameter	Nilai
ρ _b	0,0253
ρ _{max}	0,0189
As _{max}	1939 mm ²
As _{pakai}	603 mm ²
Pemeriksaan	603 < 1939
Status	Memenuhi

3.5 Evaluasi Kesesuaian Tulangan Pelat terhadap SNI 2847:2019

Tahapan	Rumus
Tinggi efektif	$d = h - c - \frac{D}{2}$
Momen nominal	$M_n = \frac{M_u}{\phi}$
Luas tulangan minimum	$A_{s,min} = \rho_{min} b h$
Tinggi blok tekan	$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b}$
Luas tulangan perlu	$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$
Luas satu batang	$A_{bar} = \frac{\pi D^2}{4}$
Jarak tulangan	$s = \frac{1000 A_{bar}}{A_s}$
Luas tulangan pakai	$A_{s,pakai} = \frac{1000}{s} A_{bar}$
Rasio tulangan	$\rho = \frac{A_s}{b d}$
Kontrol momen	$\phi M_n \geq M_u$
Kontrol spasi	$s \leq 2h$

Gambar 3. 3 Rumus Perhitungan Tulangan Pelat

Tabel 3. 15 Perencanaan Tulangan Pelat

Parameter	Nilai
Mutu beton (f'_c)	25 MPa
Mutu baja tulangan (f_y)	280 MPa
Tebal pelat (h)	130 mm
Selimit beton (c)	20 mm
Diameter tulangan	Ø10 mm
Lebar jalur pelat (b)	1000 mm
Momen ultimit (M_u)	6,40 kN.m/m
Faktor reduksi (ϕ)	0,90
Tinggi efektif (d)	105 mm
Momen nominal (M_n)	7,11 kN.m/m
β_1	0,85

Tabel 3. 16 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat

Pemeriksaan	Perhitungan	Hasil
Rasio tulangan seimbang (ρ_b)	$0,85\beta_1(f'_c/f_y)(600/(600+f_y))$	0,044 (4,4%)
Rasio tulangan minimum	$\rho_{min} = 0,0018$	0,0018
Luas tulangan minimum	$0,0018 \times 1000 \times 130$	234 mm ² /m
Luas tulangan perlu	Dari persamaan $M_n = A_s f_y (d-a/2)$	251,2 mm ² /m
Kontrol tulangan minimum	$A_s = 251,2 > A_{s,min} = 234$	Memenuhi

Tabel 3. 17 Penentuan Jarak Tulangan

Pemeriksaan	Perhitungan	Hasil
Luas 1 batang Ø10	$\pi/4 \times 10^2$	78,54 mm ²
Jarak teoritis tulangan	$(1000 \times 78,54)/251,2$	313 mm
Batas jarak maksimum	$2h = 2(130)$	260 mm
Kontrol spasi	$313 \text{ mm} > 260 \text{ mm}$	Tidak memenuhi
Tulangan rencana	Digunakan Ø10-250 mm	-
Luas tulangan pakai	$(1000/250) \times 78,54$	314,16 mm ² /m
Kontrol A_s pakai	$314,16 > 251,2$	Memenuhi

Tabel 3. 18 Kontrol Rasio Tulangan

Parameter	Nilai
Rasio tulangan (ρ)	$314,16/(1000 \times 105) = 0,00499$
Batas minimum (ρ_{min})	0,0018
Batas maksimum (ρ_{max})	0,033
Kontrol	$0,0018 < 0,00499 < 0,033$
Kesimpulan	Memenuhi SNI 2847:2019

Tabel 3. 19 Kontrol Kapasitas Momen Pelat

Pemeriksaan	Perhitungan	Hasil
Tinggi blok tekan (a)	$(314,16 \times 280)/(0,85 \times 25 \times 1000)$	4,15 mm
Momen nominal (M_n)	$A_s f_y (d-a/2)$	14,87 kN.m/m
Momen rencana (ϕM_n)	$0,90 \times 14,87$	13,38 kN.m/m
Kontrol kapasitas	$\phi M_n > M_u$	$13,38 > 6,40$
Kesimpulan	Pelat memenuhi Pemeriksaan Kontrol Kapasitas Momen	

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penggunaan tulangan Ø10–250 mm menghasilkan luas tulangan sebesar 314,16 mm²/m, lebih besar dari kebutuhan tulangan sebesar 251,2 mm²/m. Rasio tulangan memenuhi ketentuan SNI 2847:2019, sedangkan kapasitas momen rencana ($\phi M_n = 13,38 \text{ kN.m/m}$) jauh lebih besar daripada momen ultimit ($M_u = 6,40 \text{ kN.m/m}$). Dengan demikian, desain tulangan pelat memenuhi seluruh persyaratan kekuatan, tulangan minimum, dan batas spasi menurut SNI 2847:2019, sehingga pelat dinyatakan memenuhi terhadap lentur dan layak diterapkan pada struktur gedung yang direncanakan (Mohit Kumar Sharma et al., 2021).

3.6 Pembahasan

Hasil penelitian ini mendukung penelitian Lubis dkk. (2026) bahwa SAP2000 efektif digunakan untuk memperoleh gaya dalam sebagai dasar desain struktur. Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa hasil SAP2000 masih memerlukan verifikasi terhadap SNI 2847:2019 melalui pemeriksaan rasio tulangan, kapasitas penampang, dan detailing, yang tidak dibahas secara rinci pada penelitian tersebut. Proses verifikasi meliputi pemeriksaan luas tulangan minimum dan maksimum, rasio tulangan, kapasitas lentur, kapasitas geser, serta detailing SRPMK.

Pada balok anak dan balok induk, kebutuhan tulangan lentur hasil analisis berada di bawah luas tulangan minimum sehingga pemilihan tulangan mengikuti ketentuan minimum yang dipersyaratkan SNI 2847:2019. Selain itu, spasi sengkang hasil perhitungan juga disesuaikan dengan batas maksimum yang diizinkan pada daerah sendi plastis untuk memenuhi ketentuan detailing SRPMK. Temuan ini menunjukkan bahwa hasil analisis perangkat lunak tetap memerlukan evaluasi terhadap standar sebelum digunakan sebagai dasar desain (Edison H. Manurung et al., 2025).

Hasil penelitian ini melengkapi penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada analisis respons struktur atau pemodelan menggunakan SAP2000. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menitikberatkan pada evaluasi kesesuaian kebutuhan tulangan hasil analisis SAP2000 terhadap persyaratan SNI 2847:2019 melalui pemeriksaan luas tulangan, rasio tulangan, kapasitas penampang, dan detailing pada elemen yang ditinjau. Dengan demikian, penelitian ini memberikan tahapan verifikasi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses desain tulangan beton bertulang. Perlu ditegaskan bahwa hasil penelitian ini hanya berlaku pada empat elemen struktur yang dievaluasi, yaitu satu kolom, satu balok induk, satu balok anak, dan satu pelat beton bertulang. Oleh karena itu, hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk menyatakan bahwa seluruh elemen struktur bangunan telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019, melainkan menunjukkan bahwa elemen-elemen yang ditinjau memenuhi persyaratan berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis SAP2000 dan evaluasi terhadap SNI 2847:2019, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan tulangan pada elemen struktur yang ditinjau, yaitu satu kolom, satu balok induk, satu balok anak, dan satu pelat beton bertulang, telah dipenuhi melalui pemilihan tulangan hasil desain yang memenuhi persyaratan kekuatan dan detailing sesuai SNI 2847:2019. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan tulangan pada kolom dipenuhi dengan tulangan longitudinal 8D16, balok induk menggunakan 3D16 pada daerah tumpuan dan 2D16 pada daerah lapangan, balok anak menggunakan 2D16, sedangkan pelat menggunakan tulangan $\varnothing 10$ –250 mm. Pada balok dan kolom, detailing sengkang juga telah disesuaikan dengan ketentuan SRPMK. Proses evaluasi menunjukkan bahwa hasil analisis SAP2000 tidak dapat langsung digunakan sebagai dasar desain akhir, tetapi perlu diverifikasi terhadap ketentuan SNI 2847:2019 melalui pemeriksaan luas tulangan minimum dan maksimum, rasio tulangan, kapasitas lentur, kapasitas geser, serta detailing elemen struktur. Verifikasi tersebut memastikan bahwa kebutuhan tulangan yang digunakan memenuhi persyaratan standar yang berlaku. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan evaluasi terhadap seluruh elemen struktur bangunan sehingga kesesuaian kebutuhan tulangan terhadap SNI 2847:2019 dapat ditinjau secara lebih menyeluruh. Selain itu, penelitian dapat mengembangkan analisis dengan membandingkan hasil desain dari SAP2000 dengan perangkat lunak analisis struktur lainnya atau melakukan evaluasi terhadap aspek optimasi tulangan, seperti rasio kebutuhan terhadap tulangan hasil desain, kuantitas baja, dan efisiensi material. Pengembangan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai penerapan perangkat lunak analisis struktur dalam perencanaan beton bertulang sesuai standar nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada UPTD Wilayah I Dinas PUPRD Provinsi Sulawesi Utara atas dukungan, data, dan kesempatan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis

juga menyampaikan apresiasi kepada Politeknik Negeri Manado, Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung atas bimbingan, fasilitas, dan dukungan akademik yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afri Nelviwandi, Yurisman, & Indra Farni. (2022). Analisis Diagram Interaksi Struktur Kolom Beton Bertulang Dengan Penampang Persegi Berdasarkan Sni 2847-2019. *Bung Hatta*.
- Agus, Muhammad Ridwan, & Ziya Arman. (2024). Evaluasi Desain Stuktur Bangunan Beton Bertulang (Studi Kasus: Pembangunan Gedung di Kab. Solok). *Jurnal Teknik Sipil ITP*.
- Ali, A. H., Al-Hussein, A., & Majeed, F. H. (2023). SAP2000 Analysis of Seismic Reinforcement Using Carbon Fiber Reinforced Polymer and Textile Reinforced Mortar Jacketing. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 10(4), 1105–1113. <https://doi.org/10.18280/mmep.100402>
- Andréia H. A. da Silva, Anastasios Tsiavos, & Božidar Stojadinović. (2023). Ductility-Strength and Strength-Ductility Relations For a Constant Yield Displacement Seismic Design Procedure. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(9), 4449–4479. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01683-1>
- Ari Febrianto, Erizal, & Heriansyah Putra. (2024). Analisis Seismik Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 9(2), 211–220. <https://doi.org/10.29244/jsil.9.2.211-220>
- Arzal M. Zain, Wahiduddin Basry, Eko Widodo, & Fadli. (2025). Analisis Perilaku Struktur Gedung Kantor Dengan Metode Respon Spektrum Studi Kasus: Kantor Bpkad Provinsi Sulawesi Tengah. In *Jurnal Surya Teknik* (Vol. 2, Number 2).
- Raihan Daffa Hukama, & Erizal. (2023). Analisis Kekuatan Struktur pada Bangunan 8 Lantai berdasarkan Respon Spektrum SNI 03-1726-2019 menggunakan SAP2000. <https://doi.org/10.29244/jsil.8.3.127-136>
- Edison H. Manurung, Agnes Intan Permatasari, Akhmad Faruq, Bagus Nugroho Prasetyo, Muhammad Ardiansyah Mursalim, & Muhammad Hisyam Batubara. (2025). Perencanaan Struktur Bangunan Ruko 7 Lantai. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 2(2), 811–823. <https://doi.org/10.61722/jirs.v2i2.5844>
- Fajar Muhamad Nabil, Muhammad Ramadhan Tegar Bagaskoro, Asri Nurdiana, & Bambang Setiabudi. (2023). Penerapan Software SAP 2000 Pada Re-design Struktur Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Jenny Suwa Muda, M. Sang Gumilar, & Fameira Dhiniati. (2017). Perencanaan Struktur Gedung Kantor Dishub Kota Pagar Alam Berbasis Program Sap 2000. In *Fameira Dhiniati* (Vol. 3).
- Junesra Florensya Manik. (2024). Evaluation Of The Strength Of Reinforced Concrete Beams In The Construction Of Phase II Social Institution Building In Medan According To SNI 2847:2019 And SNI 1726:2019 (Case Study). In *Mekintek Journal: Journal of Mechanical, Energy, Industry and Technology* (Vol. 15, Number 1). www.ejournal.isha.or.id/index.php/Mekintek
- Mohit Kumar Sharma, Saha Dauji, Pankaj Kumar Srivastava, & Kapilesh Bhargava. (2021). Development Of Methodology For Design Of Grade Slab Using Numerical Approach. *Journal of Asian Concrete Federation*, 7(1), 12–23. <https://doi.org/10.18702/acf.2021.06.7.1.12>
- Nanda Hafiz Pratama Lubis, Edo Rizki Pradana Lubis, & Risky Fajar Sundari. (2026). Analisis Dan Perencanaan Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Ruko Tiga Lantai Menggunakan Sap2000 Berdasarkan Standar Sni. *Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*.
- Soehartono, & Ummi Chasanah. (2025). Construction Planning Design Of A 5-Storey Building With SAP 2000 V14.0.0 Program In Central Java. *Informatika Dan Sains*, 15(01), 2025. <https://doi.org/10.54209/infosains.v15i01>
- Tri Satriawansyah, Badaruddin, & Rini Putriani. (2022). Analisis Kekuatan Struktur Gedung Rektorat Universitas Samawa (UNSA) Sumbawa Besar. In *Jurnal SainTekA* (Vol. 3).

Zainuddin Husainy, & Rizki Sucitra. (2023). Tinjauan Ulang Perhitungan Penulangan Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Bank Ntb Syariah Menggunakan Metode Sni 2847:2019. *HEXAGON (Jurnal Teknik Dan Sains)*, 4(2), 1–250.