E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 3 Tahun 2026

EVALUASI KELAYAKAN STRUKTUR DAK BETON GEDUNG D FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI PADANG TERHADAP PENAMBAHAN BEBAN PLTS ATAP MENGGUNAKAN SAP2000

Noor Sherina[1*], Annisa Prita Melinda[2], M. Giatman[3], Nevy Sandra[4]
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia
Email Penulis* : noorsherina03@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap pada bangunan memerlukan perhatian terhadap kemampuan struktur dalam menerima beban tambahan dari sistem panel surya. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan struktur dak beton Gedung D Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang terhadap penambahan beban PLTS atap menggunakan SAP2000. Struktur dimodelkan secara tiga dimensi dengan membandingkan dua kondisi, yaitu kondisi eksisting dan kondisi setelah penambahan beban PLTS. Beban PLTS sebesar 0,337 kN/m² diterapkan pada area dak seluas 561 m² sebagai beban mati tambahan (superimposed dead load). Evaluasi dilakukan terhadap Demand/Capacity Ratio pada balok, PMM Ratio pada kolom, defleksi pelat, simpangan antar lantai (story drift), dan simpangan maksimum (maximum displacement). Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan beban PLTS memberikan perubahan relatif kecil terhadap respons struktur. Nilai PMM Ratio maksimum meningkat dari 0,575 menjadi 0,595 atau sebesar 3,538%. Defleksi maksimum meningkat dari 9,570 mm menjadi 9,683 mm atau sebesar 1,18%, dan masih berada di bawah batas lendutan 25 mm. Seluruh nilai story drift masih berada di bawah batas yang diizinkan berdasarkan SNI 1726:2019. Simpangan maksimum arah X meningkat 0,339%, sedangkan arah Y menurun 1,249%. Berdasarkan hasil evaluasi, struktur Gedung D masih memenuhi persyaratan kekuatan dan layan terhadap penambahan beban PLTS yang ditinjau.

Kata kunci: PLTS atap; dak beton; ballasted mounting; SAP2000; stress ratio; defleksi; story drift.

Article History
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

A. PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi tantangan energi akibat meningkatnya kebutuhan energi dan masih tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kondisi tersebut mendorong pengembangan energi terbarukan, salah satunya energi surya yang memiliki potensi besar karena ketersediaan radiasi matahari yang relatif melimpah sepanjang tahun. Pemanfaatannya melalui teknologi fotovoltaik dapat diterapkan pada berbagai skala, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap yang semakin relevan untuk bangunan publik dan institusi pendidikan (Adrian et al., 2023; Pambudi et al., 2023; Radhiansyah et al., 2025).

Pemasangan PLTS atap memberikan implikasi teknis terhadap struktur bangunan karena adanya tambahan beban mati dari modul, rangka, dan ballast. Pada sistem ballasted mounting, modul surya ditempatkan pada rangka dan ditahan menggunakan pemberat tanpa melakukan penetrasi pada permukaan dak. Meskipun metode ini dapat mengurangi risiko kerusakan lapisan kedap air, ballast menambah beban permanen yang diterima struktur atap. Penambahan beban tersebut berpotensi meningkatkan gaya dalam, stress ratio, dan defleksi sehingga evaluasi kapasitas struktur perlu dilakukan sebelum pemasangan PLTS (Iskandar et al., 2024; Sari & Pratiwi, 2024).

Gedung D Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang merupakan gedung baru Departemen Teknik Sipil yang memiliki dak beton dan berpotensi untuk penerapan PLTS atap. Kondisi gedung yang masih baru memberikan peluang untuk melakukan evaluasi terhadap kemampuan struktur dalam menerima beban tambahan sejak tahap awal. Evaluasi tersebut penting untuk memastikan bahwa elemen pelat, balok, dan kolom tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan layan.

Penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh penambahan beban terhadap struktur atap dan pemasangan panel surya. Namun, kajian mengenai kelayakan struktur dak beton pada bangunan baru, khususnya bangunan pendidikan, terhadap tambahan beban PLTS atap dengan sistem ballasted mounting menggunakan analisis numerik SAP2000 masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan beban PLTS terhadap respons struktur Gedung D dengan meninjau stress ratio balok dan kolom, defleksi pelat, simpangan antar lantai (story drift), dan simpangan maksimum struktur.

B. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif berbasis analisis numerik menggunakan SAP2000. Objek penelitian adalah struktur Gedung D Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang dimodelkan sebagai struktur tiga dimensi full building. Elemen balok dan kolom dimodelkan sebagai frame, sedangkan pelat dimodelkan sebagai shell. Pondasi tidak dianalisis secara detail. Material struktur menggunakan beton mutu K-300 (f'c = 25 MPa), baja tulangan BJTS 420 (fy = 420 MPa), dan BJTP (fy = 240 Mpa).

Pembebanan struktur meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban tambahan PLTS. Beban gempa dianalisis menggunakan metode respons spektrum untuk wilayah Padang. Pembebanan mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020, sedangkan evaluasi struktur beton mengacu pada SNI 2847:2019. Beban PLTS dimodelkan sebagai superimposed dead load sebesar 0,337 kN/m^2 pada area dak seluas 561 m^2.

Analisis dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi eksisting tanpa PLTS dan kondisi dengan penambahan beban PLTS. Sebelum analisis utama, model divalidasi dengan membandingkan reaksi perletakan hasil SAP2000 terhadap perhitungan teoritis. Selanjutnya, hasil kedua kondisi dibandingkan berdasarkan Demand/Capacity Ratio balok, PMM Ratio kolom, defleksi pelat, story drift, dan maximum displacement.

Tabel 1. Parameter utama pemodelan dan pembebanan

Parameter	Nilai
Perangkat lunak	SAP2000
Model struktur	3D full building
Mutu beton	K-300 (f'c = 25 MPa)
Beban PLTS	0,337 kN/m^2
Luas area PLTS	561 m^2
Jumlah panel	203 unit
Sistem pemasangan	Ballasted mounting
Kondisi analisis	Eksisting dan dengan PLTS

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan reaksi perletakan pada Joint 126 dari SAP2000 dengan hasil perhitungan teoritis. Hasil analisis SAP2000 sebesar 589,283 kN, sedangkan hasil teoritis sebesar 590,652 kN. Selisih kedua hasil sebesar 0,23%, sehingga model memiliki kesesuaian yang baik dengan perhitungan teoritis dan dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 2. Validasi Model

Parameter	SAP2000	Teoritis	Selisih
Reaksi Joint 126	589,283 kN	590,652 kN	0,23%

3.2. Evaluasi *Stress Ratio* Balok

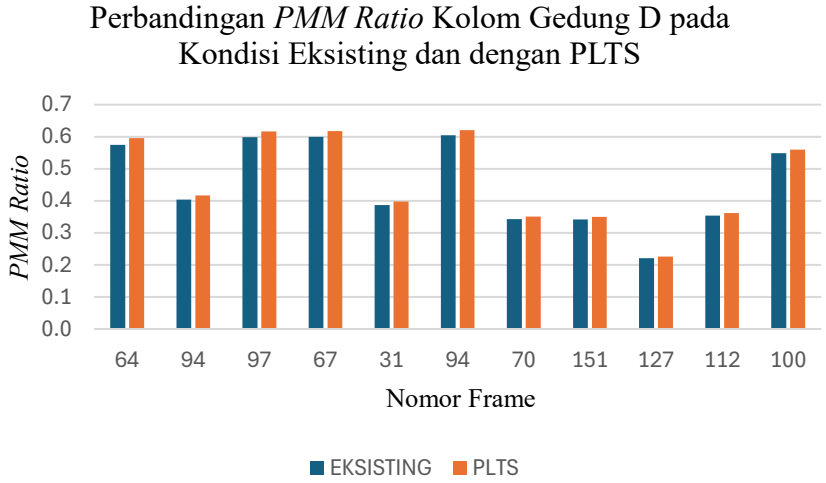
Hasil analisis menunjukkan bahwa *Demand/Capacity Ratio* pada elemen balok, baik pada kondisi eksisting maupun setelah penambahan beban PLTS, masih berada dalam batas kapasitas yang diizinkan. Penambahan beban PLTS menyebabkan perubahan gaya dalam pada elemen balok, tetapi tidak menghasilkan kondisi overstress. Dengan demikian, elemen balok pada area dak masih memenuhi persyaratan kekuatan terhadap kombinasi pembebanan yang ditinjau.

3.3. Evaluasi *Stress Ratio* Kolom

Evaluasi kolom dilakukan berdasarkan nilai *PMM Ratio* sebagai indikator interaksi gaya aksial dan momen. Nilai *PMM Ratio* maksimum meningkat setelah penambahan beban PLTS, tetapi masih berada di bawah batas 1,00.

Tabel 3. Perbandingan *Stress Ratio* Kolom Berdasarkan *PMM Ratio*

Kondisi	PMM Ratio	Kenaikan
Eksisting	0,575	-
Dengan PLTS	0,595	3,538%



Grafik 4. 18 Perbandingan PMM Ratio Kolom Gedung D

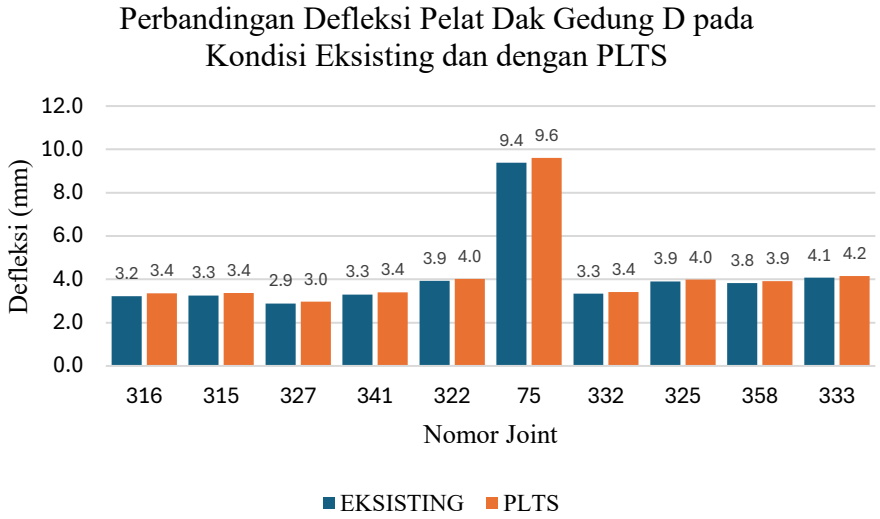
Peningkatan sebesar 3,538% menunjukkan adanya pengaruh beban PLTS terhadap respons kolom. Namun, nilai maksimum 0,595 masih lebih kecil dari 1,00 sehingga kapasitas kolom belum terlampaui. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan beban PLTS yang ditinjau belum menyebabkan elemen kolom mengalami overstress.

3.4. Evaluasi Defleksi Pelat Dak

Defleksi maksimum digunakan untuk mengevaluasi perubahan deformasi vertikal pelat akibat tambahan beban PLTS. Pada kondisi eksisting diperoleh defleksi maksimum sebesar 9,570 mm, sedangkan setelah penambahan PLTS meningkat menjadi 9,683 mm.

Tabel 4. Perbandingan Defleksi Maksimum Pelat

Kondisi	Defleksi maksimum	Perubahan
Eksisting	9,570 mm	1,18%
Dengan PLTS	9,683 mm	
Batas L/240	25,000 mm	Memenuhi



Grafik 4. 19 Perbandingan Defleksi Pelat Dak Gedung D

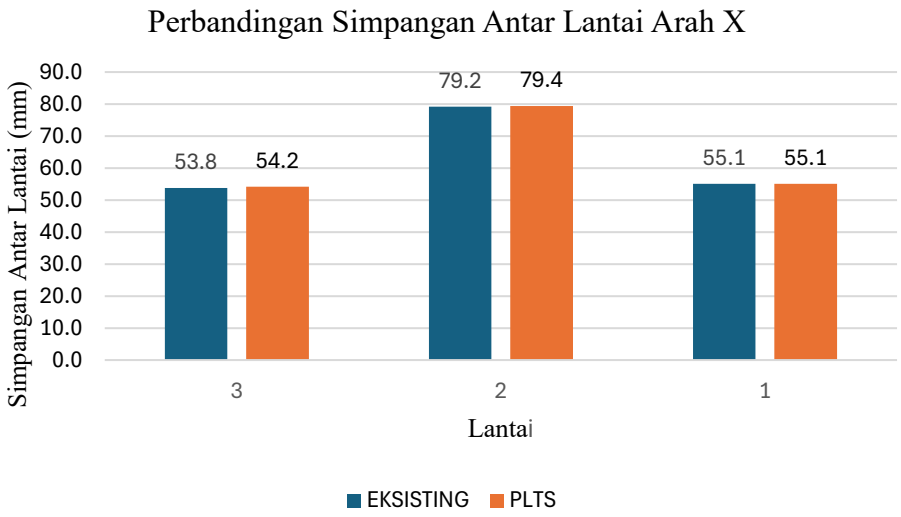
Dengan bentang yang ditinjau sebesar 6000 mm, batas lendutan dihitung sebesar L/240 = 6000/240 = 25 mm. Nilai 9,683 mm masih lebih kecil daripada 25 mm. Dengan demikian, berdasarkan parameter defleksi, struktur dak masih memenuhi persyaratan layan setelah penambahan beban PLTS.

3.5 Evaluasi Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

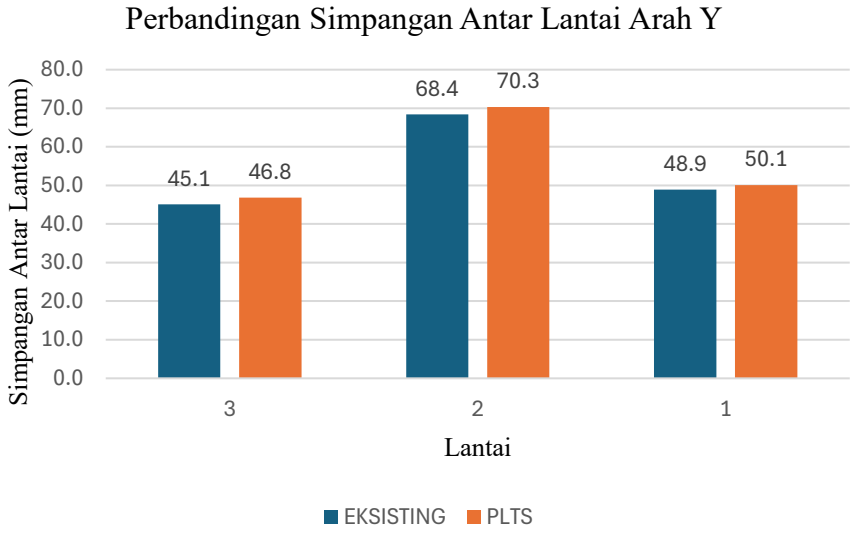
Evaluasi story drift dilakukan dengan membandingkan simpangan antar lantai desain terhadap batas simpangan yang diizinkan berdasarkan SNI 1726:2019. Peninjauan dilakukan pada elevasi 12,6 m untuk dak bangunan utama dan 15,8 m untuk penutup tangga. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa seluruh nilai simpangan masih berada di bawah Δizin.

Tabel 5. Perbandingan Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

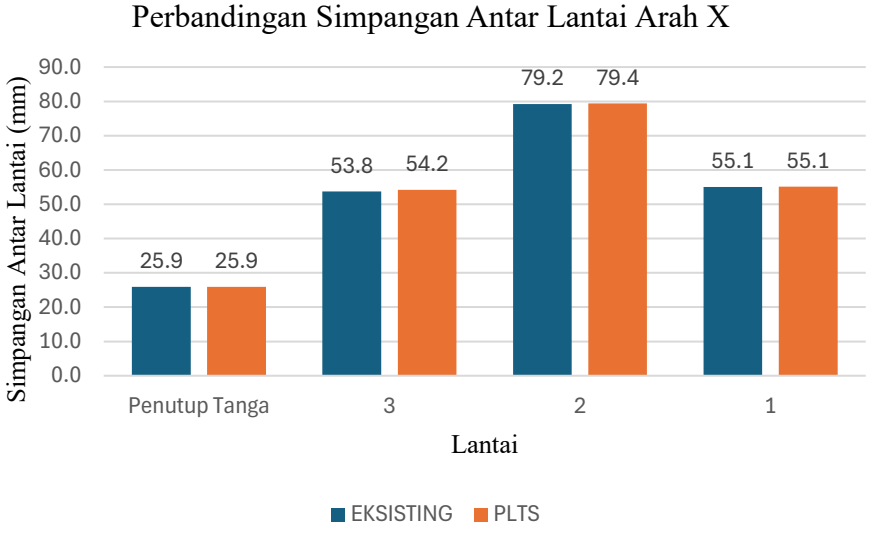
Elevasi	Tingkat	ΔX Eksisting	ΔX PLTS	Perubahan X	ΔY Eksisting	ΔY PLTS	Perubahan Y
12,6 m	Lantai 3	53,776	54,184	0,759%	45,069	46,807	3,858%
8,4 m	Lantai 2	79,202	79,432	0,291%	68,413	70,343	2,822%
4,2 m	Lantai 1	55,051	55,103	0,096%	48,949	50,111	2,374%
15,8 m	Penutup tangga	25,902	25,948	0,179%	23,137	22,761	−1,627%
12,6 m	Lantai 3	53,776	54,184	0,759%	43,674	42,990	−1,566%
8,4 m	Lantai 2	79,202	79,432	0,291%	62,336	61,306	−1,653%
4,2 m	Lantai 1	55,051	55,103	0,096%	44,162	43,426	−1,665%



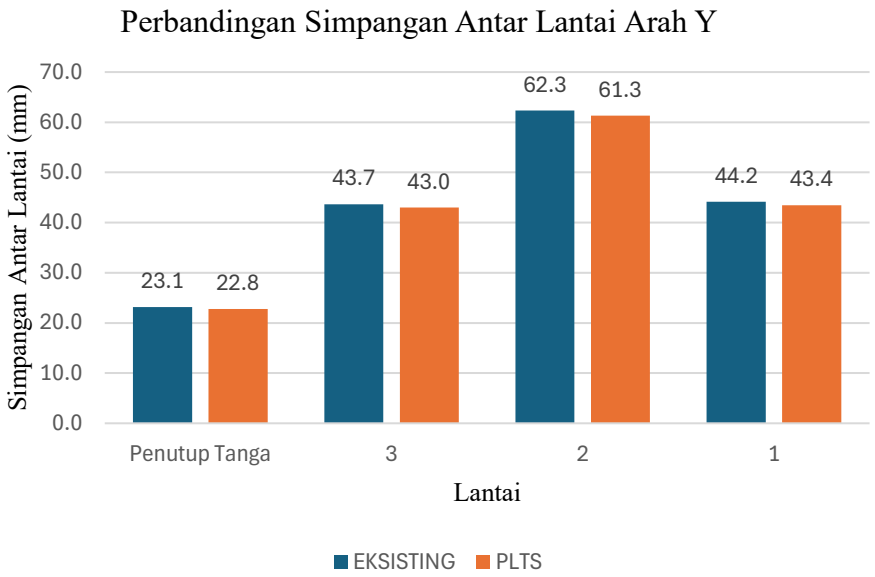
Grafik 4. 1 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X, t =12,6 m



Grafik 4. 2 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y, t =12,6 m



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X, t = 15,8 m



Grafik 4. 4 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y, t = 15,8 m

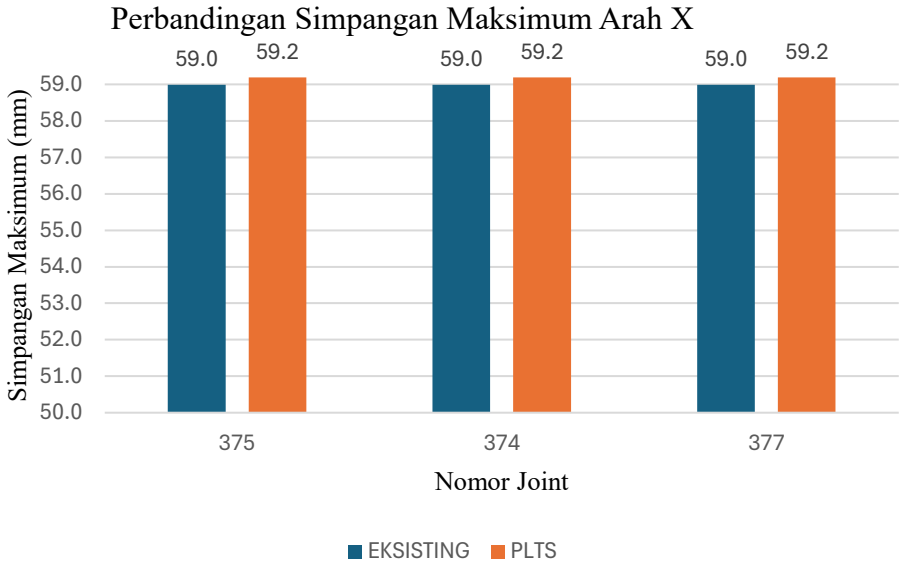
Pada elevasi 12,6 m, perubahan terbesar terjadi pada arah Y sebesar 3,858%. Pada elevasi 15,8 m, simpangan arah X meningkat, sedangkan arah Y mengalami penurunan dengan perubahan terbesar sebesar 1,665%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa respons struktur tidak selalu meningkat pada seluruh arah akibat penambahan beban. Meskipun demikian, seluruh nilai story drift tetap berada di bawah batas yang diizinkan, sehingga persyaratan simpangan antar lantai terpenuhi.

3.6. Evaluasi Simpangan Maksimum

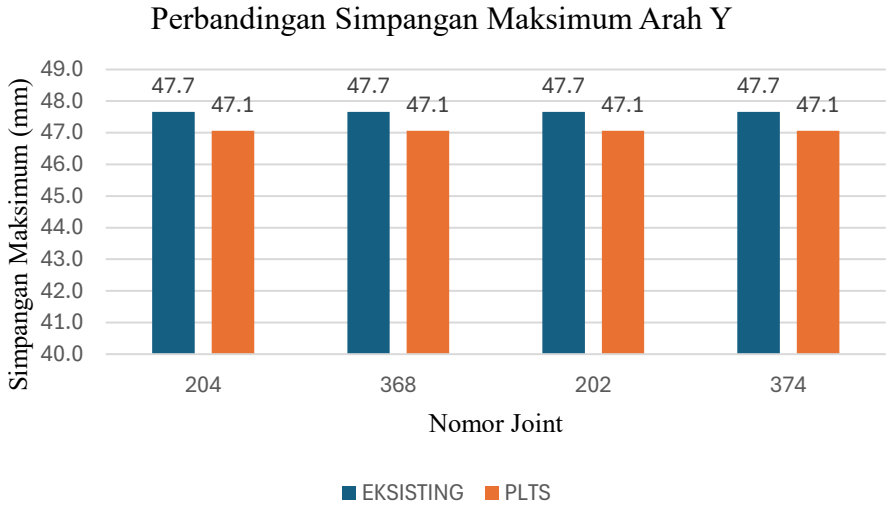
Simpangan maksimum merupakan perpindahan lateral terbesar pada titik struktur akibat kombinasi pembebanan yang bekerja. Parameter ini digunakan untuk meninjau perubahan respons deformasi global struktur akibat penambahan beban PLTS. Hasil analisis pada arah X dan Y ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Simpangan Maksimum

Arah	Joint yang mengalami maksimum	Eksisting (mm)	PLTS (mm)	Perubahan
X	375, 374, 377	58,992	59,192	+0,339%
Y	204, 368, 202, 374	47,660	47,065	−1,249%



Grafik 4. 5 Perbandingan Simpangan Maksimum Arah X



Grafik 4. 6 Perbandingan Simpangan Maksimum Arah Y

Pada arah X, simpangan maksimum meningkat dari 58,992 mm menjadi 59,192 mm atau sebesar 0,339%. Pada arah Y, simpangan maksimum menurun dari 47,660 mm menjadi 47,065 mm atau sebesar 1,249%. Perubahan yang relatif kecil menunjukkan bahwa penambahan beban PLTS memberikan pengaruh terbatas terhadap respons deformasi global struktur. Pemeriksaan terhadap batas simpangan tetap dilakukan melalui evaluasi story drift berdasarkan SNI 1726:2019.

D. KESIMPULAN

Validasi model menunjukkan reaksi perletakan pada Joint 126 sebesar 589,283 kN dari SAP2000 dan 590,652 kN secara teoritis, dengan selisih 0,23%, sehingga model dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Penambahan beban PLTS sebesar 0,337 kN/m² pada area 561 m² tidak menyebabkan Demand/Capacity Ratio balok maupun PMM Ratio kolom melampaui kapasitas yang diizinkan. PMM Ratio maksimum meningkat dari 0,575 menjadi 0,595 atau 3,538%, tetapi masih lebih kecil dari 1,00.

Defleksi maksimum meningkat dari 9,570 mm menjadi 9,683 mm atau 1,18% dan masih berada di bawah batas lendutan 25 mm. Seluruh story drift pada elevasi 12,6 m dan 15,8 m juga masih berada di bawah batas simpangan yang diizinkan berdasarkan SNI 1726:2019.

Simpangan maksimum arah X meningkat 0,339%, sedangkan arah Y menurun 1,249%. Secara keseluruhan, penambahan beban PLTS yang ditinjau memberikan pengaruh relatif kecil terhadap respons struktur, dan berdasarkan parameter kekuatan serta layan yang dianalisis, struktur Gedung D masih memenuhi persyaratan yang berlaku.

REFERENCES

[1] Adrian, M. M., Purnomo, E. P., Enrici, A., & Khairunnisa, T. (2023). Energy transition towards renewable energy in Indonesia. Heritage and Sustainable Development, 5(1), 107–118. https://doi.org/10.37868/hsd.v5i1.108

[2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Badan Standardisasi Nasional.

[3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.

[4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020: Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional.

[5] Choi, H., Shedo, D. A., & Chang, B. (2024). Serviceability analysis and feasibility study of ballasted rooftop PV system on existing concrete roof slab buildings. Renewable Energy, 228, 120622. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120622

[6] Iskandar, H. R., Taryana, E., & Zainal, Y. B. (2024). Modelling and analysis of rooftop PV as an energy optimization of flat roof and gable roof mounting system. Sinergi, 28(1), 1–12. https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.1.001

[7] Kosior-Kazberuk, M., Krentowski, J. R., & Wardach, M. (2022). Diagnostics of the RC roofing structure of the 100-year-old municipal theatre facility. Materials, 15(21). https://doi.org/10.3390/ma15217438

[8] Nugrohowaty, T. F., Jannus, P., & Nainggolan, B. (2024). Analisis kekuatan struktur bangunan dalam perancangan solar panel atap pada rumah kos 36. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, 1979–1983.

[9] Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., Salsabila, M. S., Suharno, & Sukatiman. (2023). Renewable energy in Indonesia: Current status, potential, and future development. Sustainability, 15(3), 2342. https://doi.org/10.3390/su15032342

[10] Radhiansyah, R., Syahruddin, A. S., & Sahidin, D. (2025). Pengaruh intermitensi radiasi matahari terhadap daya keluaran pada PLTS terapung: Studi kasus Pulau Kodingareng, Makassar Sulawesi Selatan. Jupiter, 3(1), 155–164. https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i1.676

[11] Sari, D. Y., & Pratiwi, A. A. R. (2024). Analisis kelayakan struktur eksisting pada bangunan warehouse untuk pemasangan panel surya. Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan, 6(1), 244–253.

[12] Universitas Negeri Padang. (2023). UNP raih prestasi tiga pohon di UI GreenMetric 2023. Universitas Negeri Padang. https://www.unp.ac.id/unp-raih-prestasi-tiga-pohon-di-ui-greenmetric-2023/

[13] Vandewetering, N., Jamil, U., & Pearce, J. M. (2024). Ballast-supported foundation designs for low-cost open-source solar photovoltaic racking. Designs, 8(1). https://doi.org/10.3390/designs8010017

[14] Zaman, M. Z., & Al-Zaidee, S. R. (2024). Stiffness, vibration, and strength of flat slab and flat plate lightweight concrete slabs. Journal of Engineering, 30(06), 158–171. https://doi.org/10.31026/j.eng.2024.06.10