

DAMPAK PENAMBAHAN PENURUNAN TERHADAP ANALISIS STRUKTUR ATAS PADA BANGUNAN BERTINGKAT (STUDI KASUS: GEDUNG RUMAH SAKIT X KABUPATEN KARAWANG)

Azizah Novri Adinda¹, Fajri Yusmar²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email:azizahnovriadinda@gmail.com

Abstrak: Sering kali dalam praktik perencanaan struktur atas bangunan gedung, penurunan yang terjadi pada gedung tidak di masukan secara langsung saat analisis struktur. Gedung X merupakan sebuah gedung bertingkat yang difungsikan sebagai rumah sakit. Gedung X memiliki layout L dengan struktur atas menggunakan sistem dilatasi. Gedung X mengalami penurunan saat masih dalam masa konstruksi. Dari hasil monitoring pengukuran penurunan diketahui penurunan yang terjadi pada Gedung X merupakan penurunan diferensial. Hal ini dikarenakan hasil pengukuran lapangan terdapat beda penurunan pada hampir seluruh kolom tinjauan. Penelitian ini menganalisis gaya aksial (FZ) pada kolom-kolom yang ditinjau penurunannya dengan beberapa skenario penurunan untuk mengetahui bagaimana dampak penambahan penurunan terhadap analisis struktur atas Gedung X dengan dengan menambahkan *ground displacement* arah z pada tumpuan jepit, dan digunakan pendekatan metode interpolasi linear untuk memperkirakan penurunan di titik yang tidak diukur. Dari hasil analisis struktur, menunjukkan bahwa penambahan penurunan secara signifikan mempengaruhi gaya aksial, bahkan mengubah gaya tekan menjadi tarik. Kolom yang tidak mengalami penurunan juga terdampak oleh kolom sekitarnya. Metode interpolasi dapat menjadi pendekatan awal dalam memprediksi pengaruh penurunan apabila data lapangan terbatas.

Kata Kunci : Penurunan Diferensial, Gaya Aksial, Interpolasi

Abstract : *Often in the practice of planning the upper structure of a building, the settlement that occurs in the building is not directly input during structural analysis. Building X is a multi-storey building that functions as a hospital. Building X has an L layout with a top structure using a dilatation system. Building X experienced a decline while still under construction. From the results of monitoring the decline measurement, it is known that the decline that occurred in Building X is a differential decline. This is because the results of field measurements are different in almost all review columns. This research analyzes the axial force (FZ) on the columns reviewed for settlement with several settlement scenarios to find out how the impact of additional settlement on the analysis of the upper structure of Building X by adding ground displacement in the z direction at the pinch support, and a linear interpolation method approach is used to estimate the settlement at unmeasured points. From the structural analysis results, it is shown that the addition of settlement significantly affects the axial force, even converting the compressive force to tensile. Columns that were not subjected to settlement were also affected by the surrounding columns. The interpolation method can be an initial approach in predicting the effect of settlement when field data is limited.*

Keyword : *Differential Settlement, Axial Force, Interpolation*

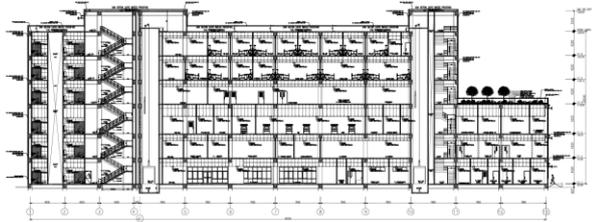
PENDAHULUAN

Dalam proses perencanaan struktur bangunan gedung, aspek penurunan tanah (settlement) sering kali belum diperhitungkan secara langsung dalam analisis struktur atas. Perhitungan penurunan umumnya dilakukan secara terpisah oleh engineer

geoteknik dengan mengacu pada reaksi beban dari struktur atas serta parameter tanah, tanpa adanya integrasi ke dalam pemodelan struktur secara menyeluruh. Padahal, penurunan yang terjadi pada pondasi dapat memberikan pengaruh langsung terhadap kinerja dan kestabilan struktur bangunan.

Penurunan tanah dapat terjadi akibat berbagai faktor seperti kondisi tanah yang lunak, pembebanan berlebih, serta metode pelaksanaan konstruksi yang tidak tepat. SNI 8460:2017 tentang *Persyaratan Perancangan Geoteknik* mengatur bahwa besarnya penurunan yang diperbolehkan harus disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan. Jika tidak diperhitungkan dengan baik, penurunan tersebut dapat menimbulkan deformasi pada elemen struktur, retak, penurunan fungsi bangunan, bahkan potensi kegagalan struktur secara keseluruhan.

Gedung Rumah Sakit X yang terletak di Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, merupakan bangunan bertingkat enam dengan struktur bawah menggunakan pondasi bore pile dan struktur atas berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem dilatasi. Di bawah ini adalah potongan Gedung Rumah Sakit X



Gambar 1. Potongan A Gedung X

Sebelum dilakukannya pembangunan Gedung Rumah Sakit X ini, telah dilakukan pengujian tanah meliputi uji N-SPT, sondir, dan laboratorium, yang menunjukkan bahwa tanah keras baru ditemukan pada kedalaman >30 meter. Namun, uji konsolidasi yang dilakukan hanya mencapai kedalaman 17 meter. Berdasarkan hasil pengujian, tanah pada lokasi proyek memiliki daya dukung rendah hingga kedalaman lebih dari 30 meter. Hasil pengujian SPT dan sondir juga menguatkan kondisi tanah yang lunak. Selain itu, wilayah Karawang juga memiliki potensi gempa, yang dapat memperburuk kondisi tanah dan mempercepat penurunan.

Menurut Petunjuk Teknis Pengujian Tanah Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, pengujian tanah untuk bangunan bertingkat atau struktur berat harus mencapai lapisan tanah yang mampu menahan beban struktur tersebut. Berdasarkan detail perencanaan Gedung Rumah Sakit X, lapisan tanah yang menahan beban struktur tersebut berada di kedalaman 32 meter atau tanah keras yang berada di dasar *bore pile*.

Pada tanggal 19 Agustus 2024, dua minggu setelah topping off struktur, dilakukan pengukuran *settlement* pertama. Pengukuran dilakukan sebanyak empat kali hingga 19 Oktober 2024, dan menunjukkan penurunan terbesar mencapai 22 mm. Pengukuran *settlement* dilakukan dengan menggunakan theodolite untuk melihat deviasi elevasi pada kolom yang ditinjau penurunannya. Terdapat 6 kolom yang menjadi titik tinjauan pada pengukuran *settlement* ini. Berikut dokumentasi pengukuran penurunan pada Gedung Rumah Sakit X



Gambar 2. Pengukuran Settlement Gedung X

Terdapat beberapa macam penurunan tanah, salah satunya adalah penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*). Penurunan tanah yang tidak seragam (*differential settlement*) dapat menyebabkan perubahan momen, deformasi struktural, retak pada elemen struktur, bahkan kegagalan fungsi bangunan. Berdasarkan data monitoring pengukuran penurunan Gedung Rumah Sakit X, penurunan yang terjadi dikategorikan sebagai penurunan diferensial dikarenakan penurunan yang terjadi pada beberapa titik tinjauan menunjukkan kedalaman penurunan yang berbeda-beda.

Dari hasil pengukuran *settlement* tersebut, terdapat berbagai macam faktor yang dapat memicu terjadinya penurunan pada struktur seperti faktor geoteknik yang meliputi jenis dan kondisi tanah. Faktor struktur itu sendiri seperti dimensi struktur bangunan, berat struktur, dan sistem distribusi pembebanan struktur tersebut. Serta perencanaan struktur dan pelaksanaan konstruksi dilapangan.

Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh reaksi perletakan terutama pada gaya aksial struktur terhadap penambahan penurunan berdasarkan data pengukuran penurunan lapangan dan menggunakan pendekatan metode interpolasi guna memperkirakan penurunan pada kolom-kolom yang tidak dilakukan pengukuran penurunan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dilanjutkan dengan pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian seperti data perencanaan untuk kebutuhan pemodelan seperti denah struktur bangunan dan data spesifikasi teknis seperti data material dan pembebanan bangunan. Adapun data pengukuran penurunan digunakan untuk di simulasikan ke dalam analisis struktur.

Analisis dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

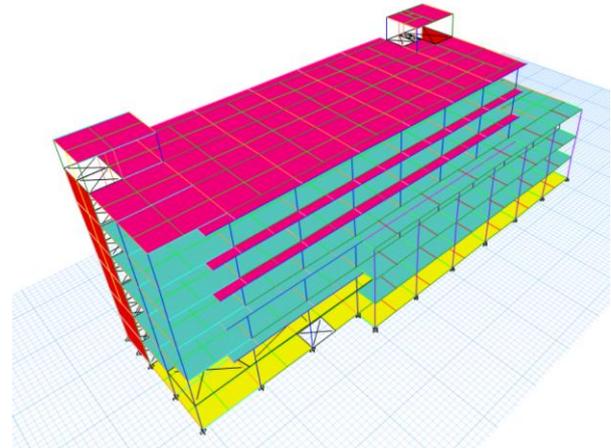
1. Permodelan dan pembebanan struktur. Tahap ini dilakukan berdasarkan data perencanaan Gedung Rumah Sakit X.
2. Pengecekan struktur. Tahap ini meliputi pengecekan rasio partisipasi modal massa dan validasi struktur
3. Analisis Struktur. Pada tahap ini dilakukan tiga analisis terhadap struktur yang diteliti. Analisis pertama dilakukan terhadap model kondisi normal. Analisis kedua dilakukan terhadap model kondisi penurunan lapangan. Analisis ketiga dilakukan terhadap model kondisi penurunan dengan metode interpolasi. Parameter yang di analisis berupa gaya aksial pada reaksi tumpuan dan selisih yang terjadi terhadap model kondisi normal dengan model penurunan lapangan serta model kondisi normal dengan model penurunan interpolasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

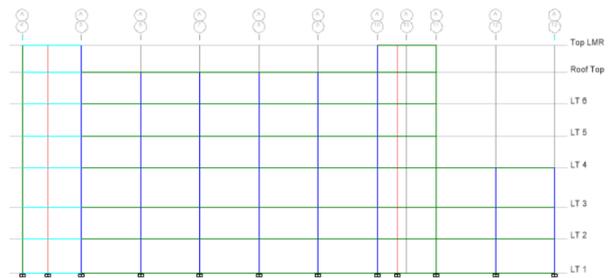
Tahapan yang dilakukan dalam analisis dampak penambahan penurunan terhadap Gedung Rumah Sakit X sebagai berikut:

1. Data Struktur

Data struktur bangunan seperti spesifikasi material, dimensi elemen struktur, denah struktur dan fungsi ruangan diperoleh dari data perencanaan Gedung Rumah Sakit X. Berikut tampak 3D dan potongan struktur Gedung X yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Tampak 3D Struktur



Gambar 4. Potongan Struktur

Adapun dimensi elemen struktur Gedung Rumah Sakit X berdasarkan data perencanaan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

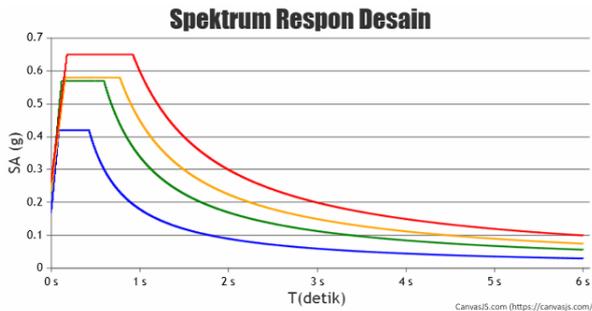
Tabel 1. Dimensi Elemen Struktur

	Tipe	Dimensi (mm)
Kolom	K1	700 x 700
	K1A	700 x 700
	K2	600 x 350
	K2A	600 x 250
	K3	450 x 250
	K4	400 x 700
	K8	300 x 300
Balok	B1	400 x 700
	B1A	400 x 700
	B2	400 x 700
	B3	400 x 700
	BA1	300 x 500
	BA1-1'	300 x 500
	BA2	250 x 450
	BA3	200 x 400
	BC1	400 x 700
	BC-2	300 x 500
	BL	200 x 500
B4	300 x 600	
Pelat	SD	150

S1	130
SA	120

Tabel 2. Beban Hidup Ruangan

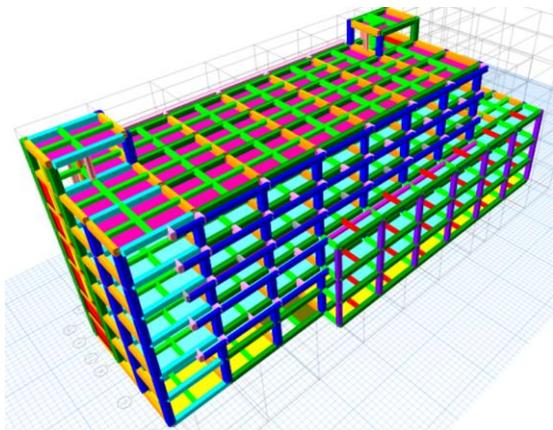
Fungsi Ruangan	Load (kN/m ²)
Koridor lantai pertama	4,79
Koridor di atas lantai pertama	3,83
R. Pasien/R. Perawatan	1,92
Laboratorium/R. Operasi	2,87
Kantor/R. Administrasi	2,4
Atap (dianggap dapat diakses publik)	2,40



Gambar 5. Kurva Respon Spektrum Kabupaten Karawang

2. Pemodelan Struktur

Pemodelan bertujuan untuk merepresentasikan kondisi nyata dari struktur bangunan dalam bentuk model matematika yang dapat dianalisis secara numerik. Dalam pemodelan ini pemeliter menggunakan dimensi elemen struktur sesuai dengan data perencanaan proyek Gedung Rumah Sakit X. Model Struktur 3D Gedung X dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model Struktur 3D

3. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur adalah semua jenis gaya atau tekanan yang bekerja pada suatu bangunan atau elemen struktural. Berikut jenis-jenis pembebanan yang digunakan:

a. Beban Mati (Dead Load)

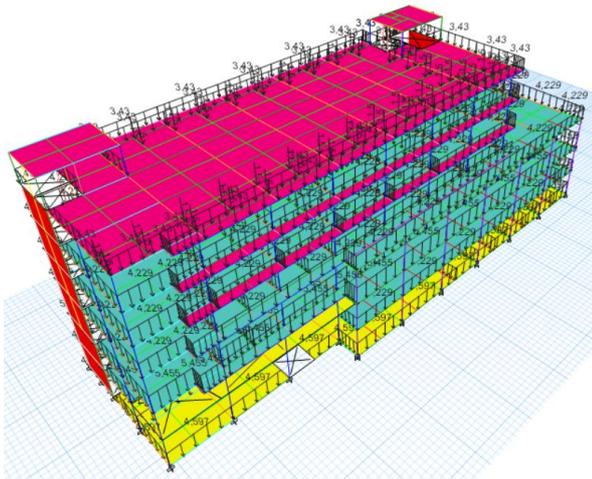
Menurut SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, beban mati (*Dead Load*) adalah beban yang berasal dari berat sendiri elemen struktural dan non-struktural bangunan, serta semua benda yang bersifat tetap atau permanen dalam struktur tersebut.

b. Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load*)

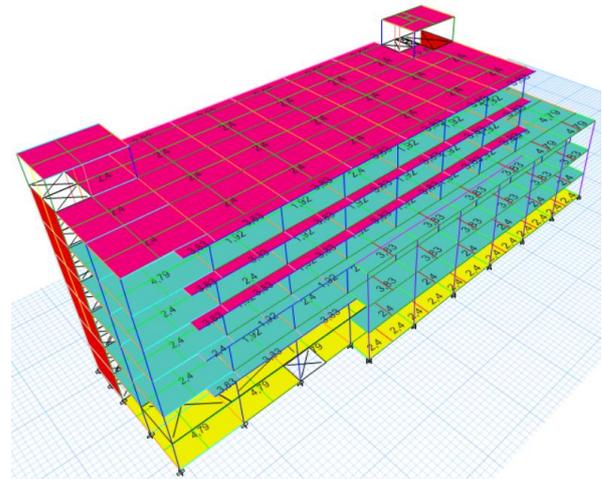
Beban mati tambahan (SIDL) merupakan beban berat komponen non-struktural bangunan yang ditambahkan dan bersifat permanen. Besaran beban mati tambahan Gedung X di sajikan pada Tabel 2. Pembebanan SIDL pada balok dan plat dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Tabel 3. Beban Mati Tambahan (SIDL)

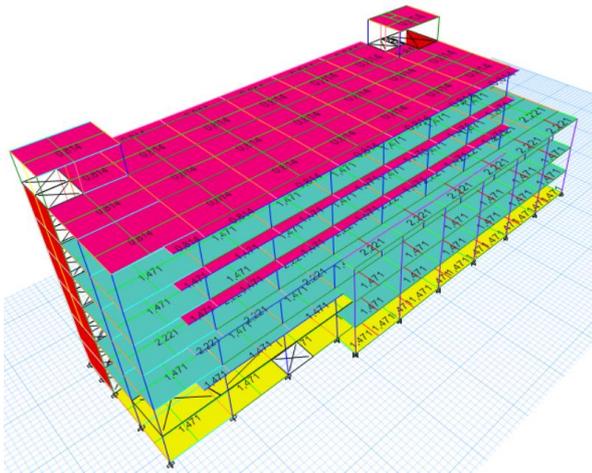
Jenis	Load (kN/m ²)
Pelat Lantai 1,2,3,5, dan 6	1,471
Pelat Lantai 4	2,221
Plat <i>Rooftop</i>	0,814
Gondola	1,5
Eskalator	2,5
Dinding Lantai 1	4,597
Dinding Lantai 2, 4, 5 dan 6	4,229
Dinding Lantai 3	5,455



Gambar 7. Pembebanan SIDL Balok



Gambar 9. Pembebanan Live Load Plat



Gambar 8. Pembebanan SIDL Plat

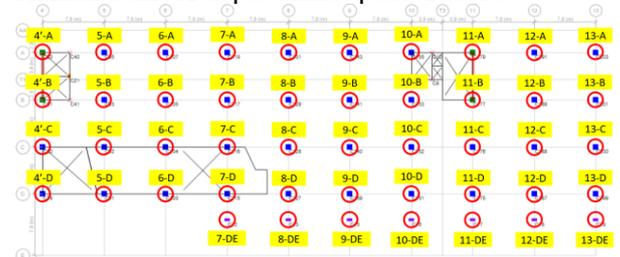
c. Beban Hidup (*Live Load*)

Menurut SNI 1727:2020 (*Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*), beban hidup (*Live Load*) adalah beban yang bekerja pada struktur secara sementara atau berubah-ubah sepanjang waktu akibat aktivitas manusia, peralatan, atau barang yang ada di dalam bangunan. Besaran beban hidup yang digunakan pada Gedung X yang di sajikan pada Tabel 3 dan pemodelan pembebanan beban hidup Gedung X dapat dilihat pada Gambar 9.

Analisis Struktur

1. Kondisi Normal

Kondisi normal merupakan hasil interpretasi awal dari desain atau pemodelan 3D Gedung X berdasarkan data eksisting perencanaan yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut denah kolom Gedung X di sajikan pada Gambar 13 dan tabel besaran gaya aksial (FZ) Gedung Rumah Sakit X dapat dilihat pada Tabel 5.



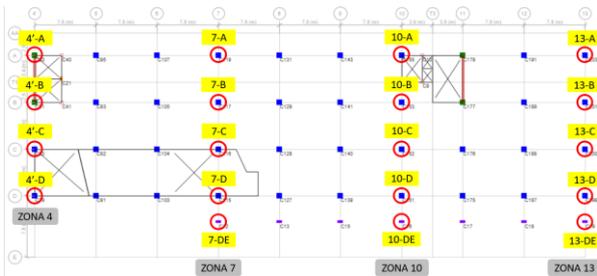
Gambar 10. Denah Kolom Gedung X

Tabel 4. Gaya Aksial Kondisi Normal

AS	Column	Joint	FZ (kN)
4'-A	C83	83	688,1805
4'-B	C81	81	693,1337
4'-C	C80	80	1318,8997
4'-D	C79	79	917,7119
7-A	C119	119	2235,9586
7-B	C117	117	2256,0581
7-C	C116	116	2171,1881
7-D	C115	115	1705,6669
10-A	C155	155	1312,0472
10-B	C153	153	1695,7048
10-C	C152	152	2267,2767
10-D	C151	151	1851,6549
13-A	C203	203	802,7746
13-B	C201	201	783,4499
13-C	C200	200	789,9196
13-D	C199	199	629,8447

AS	Column	Joint	FZ (kN)
4'-AB	C20	55	491,4578
10-AB	C8	8	766,7667
7-DE	C12	33	320,6184
10-DE	C16	39	494,6561
13-DE	C19	43	286,1167

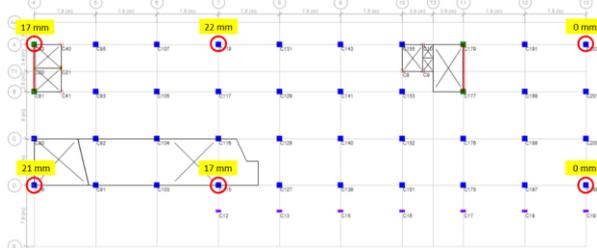
Berdasarkan titik pengukuran penurunan yang dilakukan, analisis ini difokuskan pada zona yang dilakukan pengukuran penurunan. Pada Gedung A terdapat 4 zona yang di tinjau yakni zona 4 (As 4'-A, 4'-AB, 4'-B, 4'-C, 4'-D), zona 7 (As 7-A, 7-B, 7-C, 7-D, 7-DE), zona 10 (As 10-A, 10-B, 10-C, 10-D, 10-DE) dan zona 13 (As 13-A, 13-B, 13-C, 13-D, 13-DE). Denah zona tinjauan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 11. Denah Zona Tinjauan

2. Penurunan Data Lapangan

Data lapangan merupakan data penurunan yang didapatkan dengan metode monitoring penurunan secara berkala. Berdasarkan data monitoring penurunan Gedung A, kolom yang di tinjau penurunannya adalah kolom AS 4'-A, 4'-D, 7-A, 7-D, 13-A, dan 13-D. Berikut denah pengukuran data lapangan Gedung Rumah Sakit X dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 12. Denah Pengukuran Penurunan

- a. Zona 4 (As 4'-A, 4'-AB, 4'-B, 4'-C, 4'-D) Pada Zona 4 menunjukkan kombinasi antara gaya tarik dan gaya tekan yang cukup ekstrim. Hal ini menandakan bahwa distribusi penurunan pada zona ini tidak merata. Gaya aksial data lapangan zona 4 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Gaya Aksial Data Lapangan Zona 4

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Data Lapangan		
4'-A	C83	688,1805	-340536,452	49583,59507	TARIK
4'-AB	C20	491,4578	376367,8521	-76481,92669	TEKAN
4'-B	C81	693,1337	-35843,9643	5271,291527	TARIK
4'-C	C80	1318,8997	2204,5673	-67,15200557	TEKAN
4'-D	C79	917,7119	-552,6797	160,2236606	TARIK

- b. Zona 7 (As 7-A, 7-B, 7-C, 7-D, 7-DE) Di zona 7, sebagian besar kolom mengalami gaya tekan, kecuali kolom 7-D yang menunjukkan selisih gaya tarik sekitar 116,9 % kN. Zona ini menunjukkan kondisi struktur yang relatif stabil terhadap penurunan. Gaya aksial data lapangan zona 7 disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Gaya Aksial Data Lapangan Zona 7

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Data Lapangan		
7-A	C119	2235,9586	409,4568	81,68763948	TEKAN
7-B	C117	2256,0581	3136,5575	-39,02822361	TEKAN
7-C	C116	2171,1881	2685,8782	-23,70545878	TEKAN
7-D	C115	1705,6669	-288,5458	116,9168904	TARIK
7-DE	C12	320,6184	895,1652	-179,1995718	TEKAN

- c. Zona 10 (10-A, 10-B, 10-C, 10-D, 10-DE) Zona 10 tidak mengalami penurunan namun zona ini terdampa secara tidak langsung oleh kolom-kolom di sekitarnya yang mengalami penurunan. Hal ini dapat dilihat dari sehingga selisih gaya antar kolom sebesar (-0,03 % hingga 5,6 %). Gaya aksial data lapangan zona 10 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Gaya Aksial Data Lapangan Zona 10

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Data Lapangan		
10-A	C155	1312,047	1374,0576	-4,72623241	TEKAN
10-AB	C8	766,766	796,894	-3,929135159	TEKAN
10-B	C153	1695,704	1613,3333	4,857655649	TEKAN
10-C	C152	2267,276	2267,9751	-0,030803474	TEKAN
10-D	C151	1851,654	1845,3923	0,338216371	TEKAN
10-DE	C16	494,656	466,7752	5,63642094	TEKAN

- d. Zona 13 (13-A, 13-B, 13-C, 13-D, 13-DE) Semua kolom pada zona 13 tidak mengalami penurunan sehingga tidak terdapat pembalikan arah gaya aksial. Zona ini memiliki variasi nilai aksial yang relatif kecil, yang menunjukkan bahwa struktur pada zona ini tidak mengalami gangguan signifikan akibat penurunan

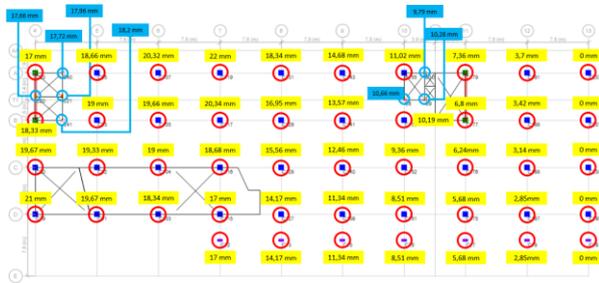
disekitarnya. Gaya aksial data lapangan zona 13 disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Gaya Aksial Data Lapangan Zona 13

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Data Lapangan		
13-A	C203	802,775	757,534	5,63547975	TEKAN
13-B	C201	783,450	782,050	0,17863299	TEKAN
13-C	C200	789,920	768,539	2,70662989	TEKAN
13-D	C199	629,845	601,932	4,43169562	TEKAN
13-DE	C19	286,117	304,243	-6,33514227	TEKAN

3. Penurunan Interpolasi

Dikarenakan jumlah titik tinjauan penurunan yang terbatas, maka penulis menggunakan metode interpolasi linear untuk mendapatkan nilai penurunan pada setiap kolom yang kemudian di analisis untuk melihat gaya dalam yang dihasilkan dari metode interpolasi ini. Berikut denah penurunan dengan metode interpolasi Gedung Rumah Sakit X dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 13. Nilai Penurunan Interpolasi

- a. Zona 4 (As 4'-A, 4'-AB, 4'-B, 4'-C, 4'-D)
Setelah di analisis menggunakan penurunan interpolasi, terdapat perubahan arah aksial pada AS 4'-AB yang semula tekan pada kondisi normal dan penurunan lapangan. Namun terjadi *uplift* pada kolom AS 4'-C. Gaya aksial interpolasi zona 4 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Gaya Aksial Penurunan Interpolasi Zona 4

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Interpolasi		
4'-A	C83	688,1805	-45223,3914	6671,443306	TARIK
4'-AB	C20	491,4578	-65145,3694	13355,53677	TARIK
4'-B	C81	693,1337	-48165,2698	7048,914733	TARIK
4'-C	C80	1318,8997	1158,3065	12,1763012	TEKAN
4'-D	C79	917,7119	881,7542	3,918190447	TEKAN

- b. Zona 7 (As 7-A, 7-B, 7-C, 7-D, 7-DE)
Zona 7 penurunan interpolasi menunjukkan hasil dari penurunan metode interpolasi yang cukup baik. Semua kolom

tetap dalam kondisi tekan. Terjadi pembalikan arah aksial pada AS 7-D dan selisih nilainya relatif kecil berkisar antara -1,5 % pada AS 7-D C155 yang sebelumnya 116,9 % pada kondisi lapangan. Gaya aksial interpolasi zona 7 dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Gaya Aksial Penurunan Interpolasi Zona 7

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Interpolasi		
7-A	C119	2235,9586	2034,3016	9,018816359	TEKAN
7-B	C117	2256,0581	2176,3247	3,534190897	TEKAN
7-C	C116	2171,1881	2122,1736	2,257496713	TEKAN
7-D	C115	1705,6669	1731,3923	-1,508231179	TEKAN
7-DE	C12	320,6184	302,3485	5,698331724	TEKAN

- c. Zona 10 (10-A, 10-B, 10-C, 10-D, 10-DE)
Zona 10 mengalami kenaikan selisih yang cukup besar terutama pada AS 10-A C155 yang mengalami kenaikan sebesar 21% pada penurunan interpolasi. Namun tidak adanya *uplift* pada zona ini sehingga distribusi beban dapat dikatakan baik meskipun semua kolom pada zona ini mengalami penurunan. Gaya aksial interpolasi zona 10 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Gaya Aksial Penurunan Interpolasi Zona 10

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Interpolasi		
10-A	C155	1312,0472	1087,5862	17,10769247	TEKAN
10-AB	C8	766,7667	700,0988	8,694678577	TEKAN
10-B	C153	1695,7048	1777,8588	-4,844829124	TEKAN
10-C	C152	2267,2767	2264,204	0,13552382	TEKAN
10-D	C151	1851,6549	1877,6419	-1,403447262	TEKAN
10-DE	C16	494,6561	466,7752	5,63642094	TEKAN

- d. Zona 13 (13-A, 13-B, 13-C, 13-D, 13-DE)
Zona 13 menjadi zona paling representatif pada interpolasi. Zona ini tidak mengalami penurunan seperti sehingga aksial yang dihasilkan mendekati kondisi normal, dengan deviasi nilai maksimal hanya 5%. Secara tidak langsung zona ini menjelaskan bahwa kolom yang tidak mengalami penurunan sekaligus tetap terdampak oleh kolom-kolom di sekitarnya yang mengalami penurunan. Gaya aksial interpolasi zona 13 disajikan pada Tabel 13.

Tabel 12. Gaya Aksial Penurunan Interpolasi Zona 13

AS	Column	FZ (kN)		Selisih (%)	Arah FZ
		Normal	Interpolasi		
13-A	C203	802,7746	801,3997	0,171268498	TEKAN
13-B	C201	783,4499	775,9977	0,951203134	TEKAN
13-C	C200	789,9196	783,2572	0,84342761	TEKAN
13-D	C199	629,8447	630,8126	-0,153672802	TEKAN
13-DE	C19	286,1167	270,775	5,362042831	TEKAN

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis gaya aksial struktur Gedung Rumah Sakit X pada kondisi normal dan kondisi penurunan berdasarkan data penurunan lapangan dan metode interpolasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan diferensial berdasarkan pengukuran lapangan menyebabkan perubahan gaya aksial yang signifikan. Hal ini menandakan terjadinya redistribusi beban vertikal yang tidak merata yang menyebabkan *uplift* pada kolom dan perubahan gaya aksial berbanding lurus dengan besarnya penurunan.
2. Pengujian penurunan dengan pendekatan metode interpolasi menghasilkan distribusi penurunan yang lebih baik dan mendekati kondisi normal. Namun pada beberapa titik masih terdapat *uplift* pada AS 4'-A, 4'-AB dan 4'-B.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill

Christady, H., & Hardiyatmo, H. C. (2020). Analisis dan perancangan fondasi I. Universitas Gadjah Mada.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). Manual petunjuk teknis pengujian tanah. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Hashfi, T. M. A. (2022). Analisis kapasitas dukung dan penurunan pondasi bored pile dengan variasi dimensi (Studi kasus: Proyek pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Budaya Institut Seni Budaya Indonesia, Aceh.

Indonesia, S. N. (2017). SNI 8460:2017 – Persyaratan perancangan geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Nasional, B. S. (2017). SNI 8460:2017 – Persyaratan perancangan geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Pranoto, Y., & Setiabudi, R. (2017). Evaluasi penurunan gedung dan metode perbaikannya (Studi kasus: Kantor Pos Balikpapan). *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 41.

Rarasati, I. D. (2017). *Differential settlement menjadi acuan keamanan penurunan bangunan Menara Astra.

Sabarudin, A. F., Arbianto, R., & Susila, H. (2022). Analisis penurunan pondasi tiang bored pile (Studi kasus pembangunan Klinik Be Hati Surakarta). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tunas Pembangunan*, 1(1).

Siregar, Y. M. (2023). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi bore pile pada proyek pembangunan Menara Masjid Agung Kota Medan (Disertasi Doktor, Universitas Medan Area).

Supriyanto, S., & Maryanto, M. (2021). Pemilihan jenis pondasi berdasar daya dukung tanah dan jenis bangunan (Studi kasus di kawasan PT. KPI Maros Sulawesi Selatan). *Jurnal Kalibrasi: Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 4(2).

Syamsi, M. I., Harsoyo, Y. A., Cahyati, M. D., & Khomaini, I. (2021, February). The influence of subsidence angle to column demand-capacity diagram of a multistory building. In the 4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020) (pp. 108–113). Atlantis Press.

Syifa, M. (2024). Pengaruh perbedaan penurunan pondasi terhadap struktur Gedung Rektorat Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. *Andalas Civil Engineering*, 8(1), 407–414.

Tarigan, R. G. (2023). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi bored pile pada pembangunan Gedung Menara BRI Medan.

Fauzan, F., Hakam, A., Ismail, F. A., Al Jauhari, Z., & Chairani, C. (2024). *Evaluation of an RC frame building exposed to differential settlement in*

*Padang City, Indonesia. International Journal of
GEOMATE, 27(123), 125–132.*