

# ANALISIS DEFORMASI DAN GAYA-GAYA DALAM BALOK TRANSFER PADA METODE KONSTRUKSI BERTAHAP UNTUK BANGUNAN GEDUNG TINGGI

Dipasanto Aditung (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [dipasanto.mks96@gmail.com](mailto:dipasanto.mks96@gmail.com))

Jonie Tanijaya (Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, [jonie.tanijaya@gmail.com](mailto:jonie.tanijaya@gmail.com))

Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalangi73@gmail.com](mailto:hkalangi73@gmail.com))

Received : 29 Oktober 2025, Revised : 13 Desember 2025, Accepted : 13 Desember 2025

## ABSTRAK

Metode konstruksi bertahap digunakan untuk merencanakan urutan pelaksanaan konstruksi serta menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja struktur bangunan. Penelitian ini mengkaji pengaruh penggunaan balok transfer terhadap deformasi dan gaya dalam pada gedung bertingkat tinggi dengan membandingkan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan defleksi maksimum pada bangunan tanpa balok transfer sebesar 92%, sedangkan pada bangunan dengan balok transfer sebesar 169%. Peningkatan momen maksimum masing-masing sebesar 54% dan 66%, gaya normal maksimum sebesar 42% pada kedua model, serta gaya geser sebesar 50% pada bangunan tanpa balok transfer dan 61% pada bangunan dengan balok transfer. Secara umum, bangunan dengan balok transfer mengalami peningkatan defleksi dan gaya dalam yang lebih besar dibandingkan bangunan tanpa balok transfer.

Kata Kunci: Metode Konstruksi Bertahap, gedung bertingkat tinggi, balok transfer, deformasi, gaya-gaya dalam

## ABSTRACT

*The construction sequence analysis method is used to plan the order of construction and evaluate its effects on the structural performance of buildings. This study investigates the influence of transfer beams on deformation and internal forces in high-rise buildings by comparing the conventional method with the staged construction method. Structural modeling was carried out using ETABS software with load data and load combinations based on SNI 1727:2020 and response spectrum analysis based on SNI 1726:2019. The results show that the maximum deflection increased by 92% in buildings without transfer beams and by 169% in buildings with transfer beams. The maximum moment increased by 54% and 66%, respectively. The maximum normal force increased by 42% in both models, while the shear force increased by 50% in buildings without transfer beams and by 61% in buildings with transfer beams. Overall, buildings with transfer beams experience greater increases in deflection and internal forces compared to buildings without transfer beams.*

*Keywords: Construction Sequence Analysis, highrise building, transfer beam, deformation, internal forces*

## PENDAHULUAN

Metode analisis struktur konvensional umumnya mengasumsikan bahwa struktur telah selesai dibangun dan semua beban bekerja secara bersamaan. Asumsi ini dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam memprediksi deformasi dan distribusi gaya dalam, terutama pada bangunan tinggi yang kompleks dan memiliki elemen seperti balok transfer. Oleh karena itu, analisis metode konstruksi bertahap diperlukan untuk menggambarkan perilaku struktur secara lebih realistis selama proses pembangunan hingga kondisi akhir. Metode ini memperhitungkan akumulasi deformasi dan perubahan gaya pada setiap tahap konstruksi. Penelitian yang secara khusus membahas pengaruh balok transfer dalam metode konstruksi bertahap terhadap deformasi dan gaya dalam masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan balok transfer pada gedung bertingkat tinggi beton bertulang dengan menggunakan metode konstruksi bertahap.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pemodelan Struktur Gedung dan Penentuan Pembebanan

Tahap awal penelitian ini adalah merancang dua model gedung bertingkat tinggi, yaitu model dengan balok transfer dan model tanpa balok transfer. Kedua model kemudian dimodelkan menggunakan ETABS v20 dengan memasukkan elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat lantai. Setelah model selesai, ditentukan jenis beban dan kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis.

**Input Simulasi Konstruksi Bertahap (Construction Sequence Analysis)**

Selanjutnya, metode konstruksi bertahap akan diaktifkan menggunakan ETABS 20 untuk mensimulasikan proses pengerjaan elemen-elemen struktural. Tahapan yang akan dilakukan dalam simulasi ini berupa setiap penambahan lantai gedung.

**Analisis Hasil Simulasi**

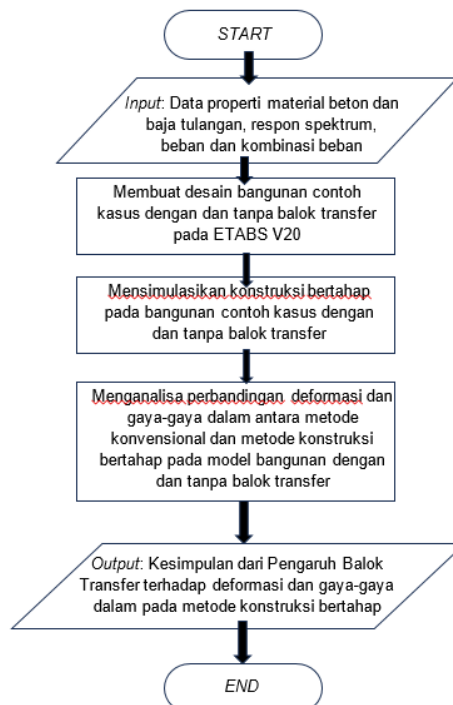
Setelah proses simulasi, langkah berikutnya adalah menganalisis hasil yang diperoleh dari aplikasi perangkat lunak ETABS v20. Beberapa hal yang akan dianalisis meliputi:

- 1) Distribusi beban maksimum pada elemen struktur dengan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada model bangunan dengan dan tanpa penggunaan balok transfer pada bangunan.
- 2) Gaya-gaya dalam maksimum pada elemen struktur dengan metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada model bangunan dengan dan tanpa penggunaan balok transfer.

**Evaluasi Hasil Analisis**

Setelah analisis selesai, hasil simulasi dievaluasi untuk membandingkan deformasi dan gaya-gaya dalam maksimum antara metode konvensional dan metode konstruksi bertahap pada bangunan dengan dan tanpa balok transfer..

**Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

**Tampak Depan Bangunan Contoh**



**Gambar 2.** Tampak Depan Bangunan Contoh

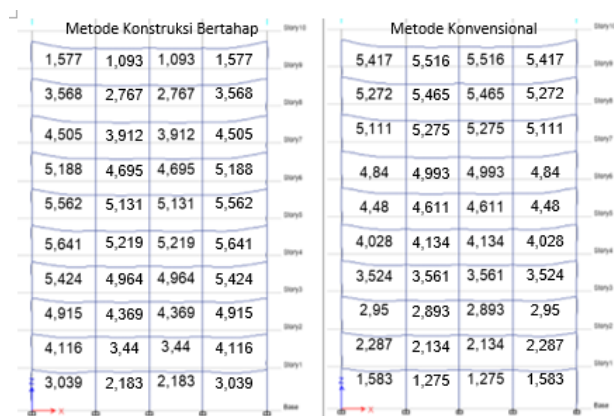
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Defleksi**

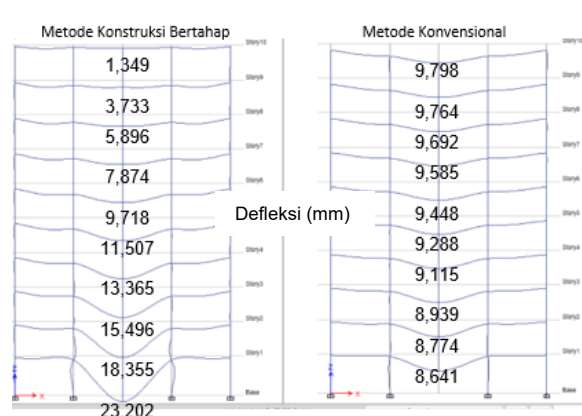
Berdasarkan Tabel 1, pada bangunan tanpa balok transfer, defleksi hasil analisis metode konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan metode konvensional. Defleksi pada balok B38 dan B39 meningkat sebesar 71%, sedangkan pada balok B37 dan B40 meningkat sebesar 92%. Namun, mulai dari balok lantai 8 terjadi penurunan defleksi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan terbesar terjadi pada balok atap B38 dan B39 dengan persentase sebesar 80%.

Berdasarkan Tabel 2, pada bangunan dengan balok transfer, defleksi hasil metode konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan metode konvensional. Peningkatan deformasi terbesar terjadi pada Joint 1 sebesar 169%. Namun, mulai dari Joint 7 terjadi penurunan defleksi, dengan penurunan terbesar pada Joint 10 sebesar 86%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa bangunan dengan balok transfer mengalami perubahan defleksi (peningkatan maupun penurunan) dengan persentase lebih besar dibandingkan bangunan tanpa balok transfer.



Gambar 3. Defleksi Bangunan Tanpa Balok Transfer



Gambar 4. Defleksi Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 1. Defleksi Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer**

No.	Lantai	Kode Elemen	Defleksi Maksimum(mm)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	3,039	1,583	92%
2	2	B38	2,183	1,275	71%
3	2	B39	2,183	1,275	71%
4	2	B40	3,039	1,583	92%
5	3	B37	4,116	2,287	80%
6	3	B38	3,44	2,134	61%
7	3	B39	3,44	2,134	61%
8	3	B40	4,116	2,287	80%
9	4	B37	4,915	2,95	67%
10	4	B38	4,369	2,893	51%
11	4	B39	4,369	2,893	51%
12	4	B40	4,915	2,95	67%
13	5	B37	5,424	3,524	54%
14	5	B38	4,964	3,561	39%
15	5	B39	4,964	3,561	39%
16	5	B40	5,424	3,524	54%
17	6	B37	5,641	4,028	40%
18	6	B38	5,219	4,134	26%
19	6	B39	5,219	4,134	26%
20	6	B40	5,641	4,028	40%
21	7	B37	5,562	4,48	24%
22	7	B38	5,131	4,611	11%
23	7	B39	5,131	4,611	11%
24	7	B40	5,562	4,48	24%
25	8	B37	5,188	4,84	7%
26	8	B38	4,695	4,993	-6%
27	8	B39	4,695	4,993	-6%
28	8	B40	5,188	4,84	7%
29	9	B37	4,505	5,111	-12%
30	9	B38	3,912	5,275	-26%
31	9	B39	3,912	5,275	-26%
32	9	B40	4,505	5,111	-12%
33	10	B37	3,568	5,272	-32%
34	10	B38	2,767	5,465	-49%
35	10	B39	2,767	5,465	-49%
36	10	B40	3,568	5,272	-32%
37	Atap	B37	1,577	5,417	-71%
38	Atap	B38	1,093	5,516	-80%
39	Atap	B39	1,093	5,516	-80%
40	Atap	B40	1,577	5,417	-71%

**Tabel 2.** Defleksi Maksimum Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

No.	Nama Joint	Defleksi Maksimum(mm)		Perbandingan
		Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	Joint 1	23,202	8,641	169%
2	Joint 2	18,355	8,774	109%
3	Joint 3	15,496	8,939	73%
4	Joint 4	13,365	9,115	47%
5	Joint 5	11,507	9,288	24%
6	Joint 6	9,718	9,448	3%
7	Joint 7	7,874	9,585	-18%
8	Joint 8	5,896	9,692	-39%
9	Joint 9	3,733	9,764	-62%
10	Joint 10	1,349	9,798	-86%

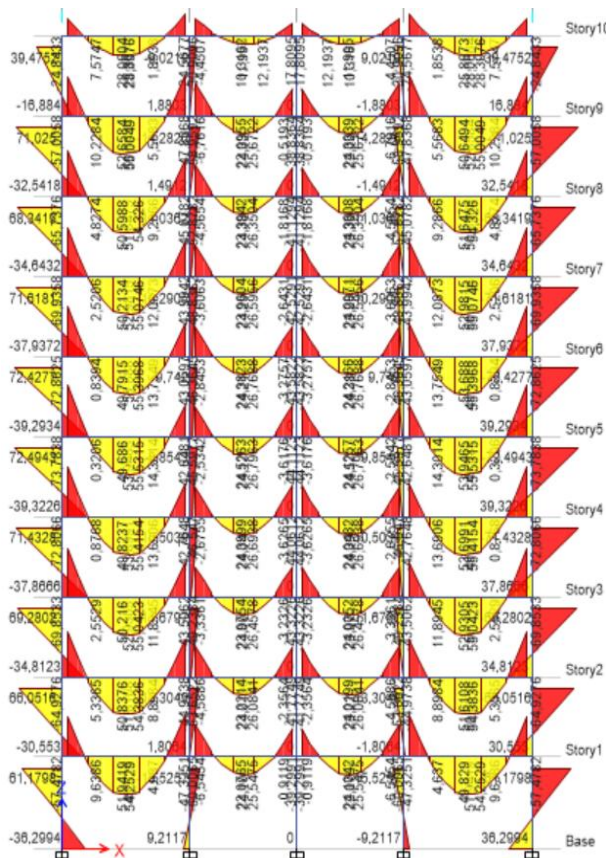
**Gaya-Gaya Dalam**

1. Momen

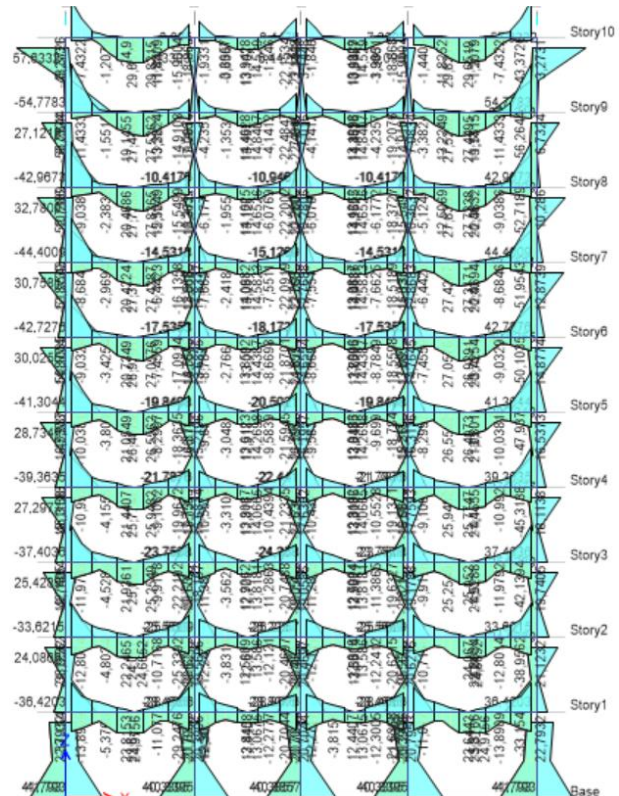
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 3**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan tanpa balok transfer, momen maksimum yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan dari metode konvensional. Momen maksimum pada balok B37 dan B38 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 45% dan 54% dari metode konvensional. Namun, pada balok atap terjadi penurunan defleksi yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Persentase penurunan defleksi terbesar terjadi pada balok B37 dengan persentase penurunan sebesar 40% dari metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, momen maksimum yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Momen maksimum pada balok transfer BT pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 66% dibandingkan dengan momen maksimum yang diperoleh melalui analisis menggunakan metode konvensional. Namun, pada balok atap terjadi penurunan defleksi yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan defleksi yang terjadi pada balok atap B38 adalah sebesar 56% dibandingkan dengan hasil dari metode konvensional.

Momen Maksimum (kNm)



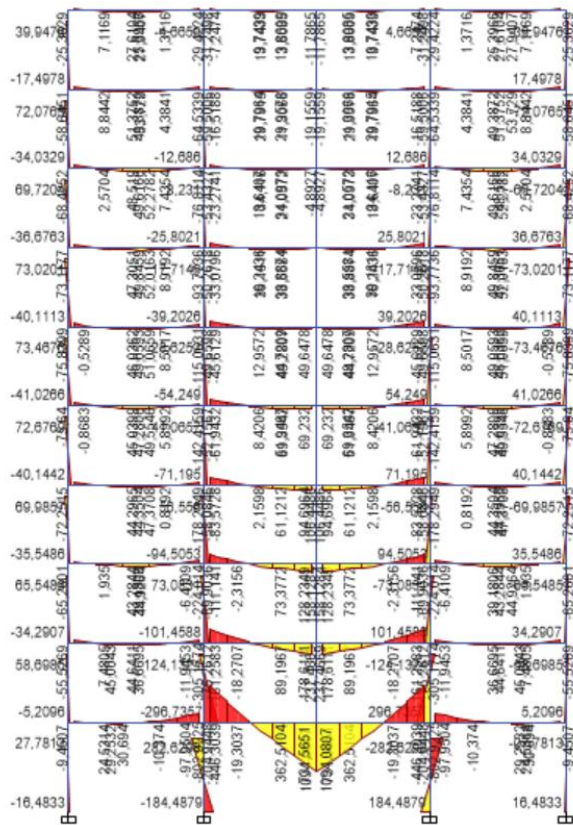
**Gambar 5.** Momen Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer



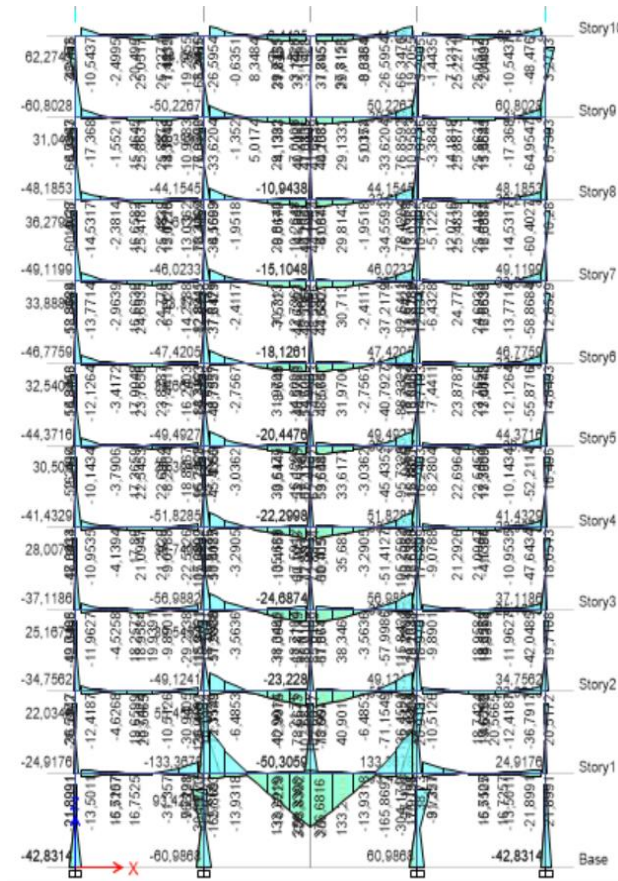
**Gambar 6.** Momen Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

**Tabel 3.** Momen Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Momen Maksimum (kN-m)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	61,1798	41,793	32%
2	1	KC.4	9,2117	40,3395	-77%
3	2	B37	60,0065	33,154	45%
4	2	B38	47,3521	21,6368	54%
5	2	KA.3	66,0516	36,4203	45%
6	2	KC.4	13,3049	6,9375	48%
7	3	B37	64,9276	38,9562	40%
8	3	B38	44,9738	20,2132	55%
9	3	KA.3	69,2802	33,621	51%
10	3	KC.4	11,6797	3,4092	71%
11	4	B37	69,8533	42,1394	40%
12	4	B38	43,5062	20,7488	52%
13	4	KA.3	71,4328	37,4036	48%
14	4	KC.4	10,5039	2,0415	81%
15	5	B37	72,8066	45,3138	38%
16	5	B38	42,7648	21,2335	50%
17	5	KA.3	72,4943	39,3635	46%
18	5	KC.4	9,8543	0,7869	92%
19	6	B37	73,7838	47,937	35%
20	6	B38	44,1123	21,5945	51%
21	6	KA.3	72,4277	41,3044	43%
22	6	KC.4	9,742	0,9242	91%
23	7	B37	72,8625	50,1035	31%
24	7	B38	43,5822	21,8701	50%
25	7	KA.3	71,6181	42,7276	40%
26	7	KC.4	10,2905	1,9183	81%
27	8	B37	69,9358	51,9543	26%
28	8	B38	43,9942	22,0919	50%
29	8	KA.3	68,3419	44,4009	35%
30	8	KC.4	11,0362	2,6948	76%
31	9	B37	65,7376	52,7189	20%
32	9	B38	45,0782	22,2002	51%
33	9	KA.3	71,025	42,9673	40%
34	9	KC.4	14,282	3,5201	75%
35	10	B37	58,9592	56,2644	5%
36	10	B38	47,8368	22,4847	53%
37	10	KA.3	39,4752	57,6332	-46%
38	10	KC.4	9,0219	7,3303	19%
39	Atap	B37	30,9096	43,3728	-40%
40	Atap	B38	24,5677	22,1534	10%



**Gambar 7.** Momen Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



**Gambar 8.** Momen Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 4.** Momen Maksimum Contoh Bangun Dengan Balok Transfer

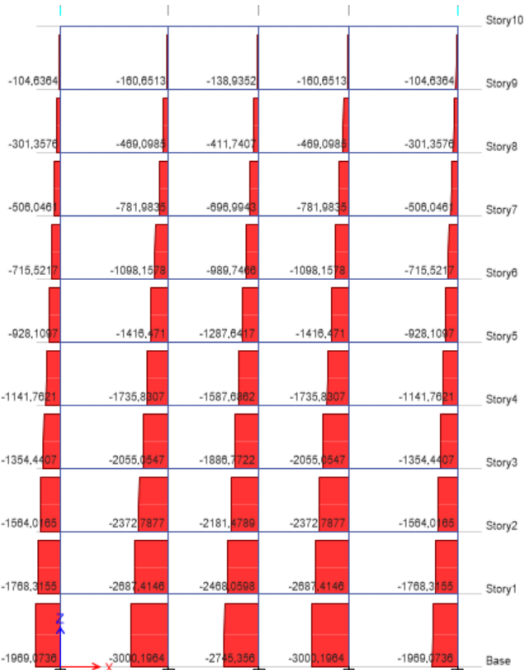
No.	Lantai	Kode Elemen	Momen Maksimum (kN-m)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	27,7813	42,8314	-54%
2	1	KA.4	282,6298	93,4299	67%
3	2	B37	204,9448	76,198	63%
4	2	BT	1094,0807	376,6816	66%
5	2	KA.3	58,6985	24,9176	58%
6	2	KC.4	296,7357	133,3678	55%
7	3	B37	101,4588	36,7917	64%
8	3	B38	305,1774	136,4591	55%
9	3	KA.3	65,5485	34,7562	47%
10	3	KC.4	101,4588	49,1241	52%
11	4	B37	94,5053	42,0485	56%
12	4	B38	224,014	115,8421	48%
13	4	KA.3	69,9852	37,1186	47%
14	4	KC.4	94,5053	56,9882	40%
15	5	B37	72,2515	47,6434	34%
16	5	B38	178,2949	105,2592	41%
17	5	KA.3	72,6769	41,4329	43%
18	5	KC.4	71,195	51,8285	27%
19	6	B37	75,64	52,2114	31%
20	6	B38	142,4159	95,7328	33%
21	6	KA.3	73,4676	44,3716	40%
22	6	KC.4	54,249	49,4927	9%
23	7	B37	75,8399	55,8716	26%
24	7	B38	115,0631	88,3321	23%
25	7	KA.3	73,0201	46,7759	36%
26	7	KC.4	39,2026	47,4205	-21%
27	8	B37	73,1177	58,8684	19%
28	8	B38	93,7736	82,6411	12%
29	8	KA.3	69,7204	49,1199	30%
30	8	KC.4	25,8021	46,0233	-78%
31	9	B37	68,4252	60,4027	12%
32	9	B38	76,8114	78,4204	-2%
33	9	KA.3	72,0765	48,1853	33%
34	9	KC.4	12,686	44,1545	-71%
35	10	B37	59,5006	65,9547	-11%
36	10	B38	64,5339	76,8592	-19%
37	10	KA.3	39,9476	62,2743	-56%
38	10	KC.4	4,6659	50,2267	-91%
39	Atap	B37	31,2498	48,476	-55%
40	Atap	B38	29,4224	66,3476	-56%

2. Gaya Normal

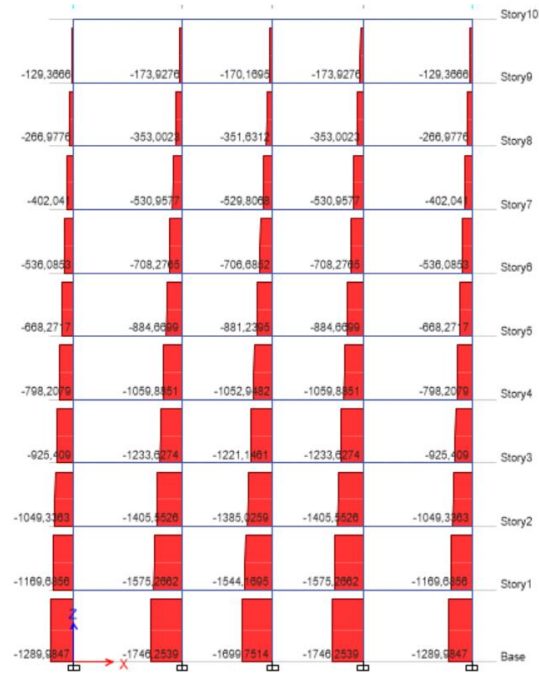
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 5**, gaya normal yang terjadi pada contoh bangunan tanpa balok transfer pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan dari metode konvensional. Peningkatan gaya normal terbesar terjadi pada tingkat 1 Kolom KC.4 dengan persentase peningkatan gaya normal sebesar 42% dari gaya normal pada metode konvensional. Namun, pada tingkat 10 Kolom KA.3 metode konstruksi bertahap terjadi penurunan gaya normal sebesar 24% dari gaya normal pada metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, gaya normal yang terjadi pada metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya normal pada tingkat 1 kolom KA.4 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 42% dibandingkan dengan gaya normal yang diperoleh melalui analisis metode konvensional. Namun, pada kolom tingkat 10 terjadi penurunan gaya normal yang terjadi pada metode konstruksi bertahap. Penurunan gaya normal yang terjadi pada kolom tingkat 10 KA.3 dan KC.4 adalah sebesar 26% dibandingkan dengan hasil dari metode konvensional.

Gaya Normal (kN)



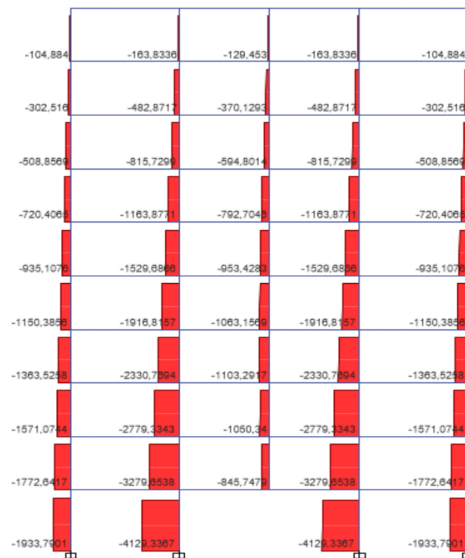
Gambar 9. Gaya Normal Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer



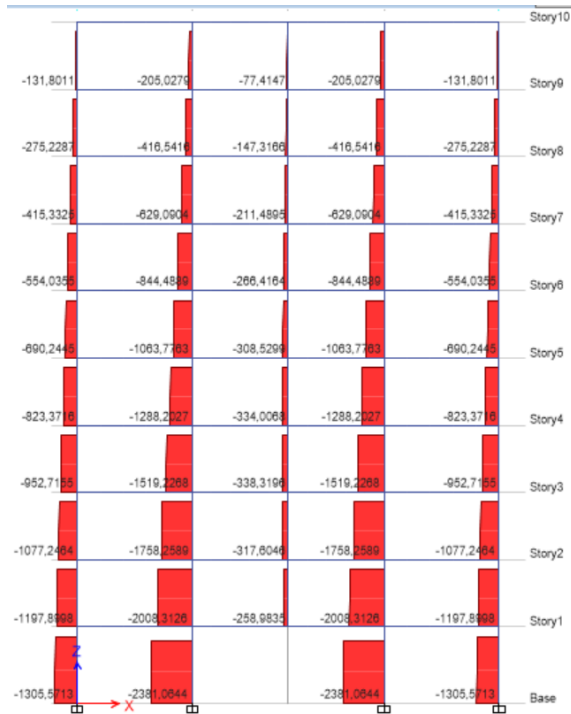
Gambar 10. Gaya Normal Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

Tabel 5. Gaya Normal Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Normal Maksimum(kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	1969,0736	1289,9847	34%
2	1	KC.4	3000,1964	1746,2539	42%
3	1	KC.5	2745,356	1699,7514	38%
4	2	KA.3	1768,3155	1169,6856	34%
5	2	KC.4	2687,4146	1575,2882	41%
6	2	KC.5	2468,0598	1544,1695	37%
7	3	KA.3	1564,0165	1049,3363	33%
8	3	KC.4	2372,7877	1405,5526	41%
9	3	KC.5	2181,4789	1385,0259	37%
10	4	KA.3	1354,4407	925,409	32%
11	4	KC.4	2055,0547	1233,6274	40%
12	4	KC.5	1886,7722	1221,1461	35%
13	5	KA.3	1141,7621	798,2079	30%
14	5	KC.4	1735,8307	1059,8851	39%
15	5	KC.5	1587,6862	1052,9482	34%
16	6	KA.3	928,1097	668,2717	28%
17	6	KC.4	1416,471	884,6699	38%
18	6	KC.5	1287,6417	881,2395	32%
19	7	KA.3	715,5217	536,0853	25%
20	7	KC.4	1098,1578	708,2765	36%
21	7	KC.5	989,7466	706,6852	29%
22	8	KA.3	506,0461	402,041	21%
23	8	KC.4	781,9835	530,9577	32%
24	8	KC.5	696,9943	529,8068	24%
25	9	KA.3	301,3574	266,9776	11%
26	9	KC.4	469,0985	353,0023	25%
27	9	KC.5	411,7407	351,6312	15%
28	10	KA.3	104,6364	129,3666	-24%
29	10	KC.4	160,6513	173,9276	-8%
30	10	KC.5	138,9352	170,1695	-22%



Gambar 11. Gaya Normal Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



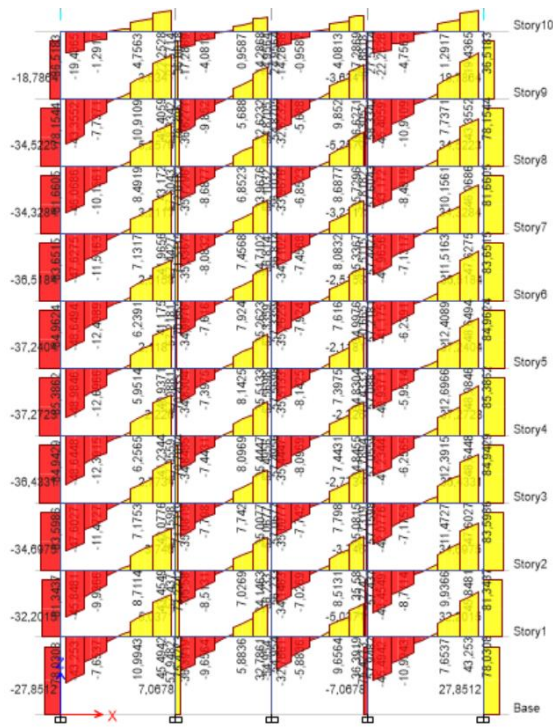
Gambar 12. Gaya Normal Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

Tabel 6. Gaya Normal Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

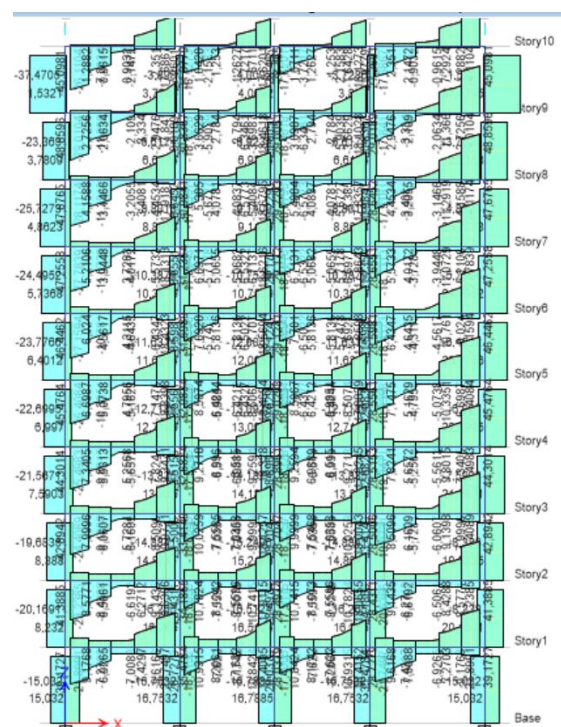
No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Normal Maksimum(kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	1	KA.3	1933,7901	1305,5713	32%
2	1	KA.4	4129,3367	2381,0644	42%
3	2	KA.3	1772,6417	1197,8998	32%
4	2	KC.4	3279,6538	2008,3126	39%
5	2	KC.5	845,7479	258,9835	69%
6	3	KA.3	1571,0744	1077,2464	31%
7	3	KC.4	2779,3343	1758,2589	37%
8	3	KC.5	1050,34	317,6046	70%
9	4	KA.3	1363,5258	952,7155	30%
10	4	KC.4	2330,7694	1519,2268	35%
11	4	KC.5	1103,2917	338,3196	69%
12	5	KA.3	1150,3856	823,3716	28%
13	5	KC.4	1916,8157	1288,2027	33%
14	5	KC.5	1063,1569	334,0068	69%
15	6	KA.3	935,1076	690,2445	26%
16	6	KC.4	1529,6866	1063,7763	30%
17	6	KC.5	953,4283	308,5299	68%
18	7	KA.3	720,4065	554,0355	23%
19	7	KC.4	1163,8771	844,4889	27%
20	7	KC.5	792,7046	266,4164	66%
21	8	KA.3	508,8569	415,3325	18%
22	8	KC.4	815,7299	629,0904	23%
23	8	KC.5	594,8014	211,4895	64%
24	9	KA.3	302,516	275,2287	9%
25	9	KC.4	482,8717	416,5416	14%
26	9	KC.5	370,1293	147,3166	60%
27	10	KA.3	104,884	131,8011	-26%
28	10	KC.4	163,8336	205,0279	-25%
29	10	KC.5	129,453	77,4147	40%

3. Gaya Geser

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan tanpa balok transfer, gaya geser yang terjadi bila ditinjau dengan menggunakan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya geser pada balok lantai 2 B37 dan B38 yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 50% dibandingkan dengan gaya geser yang diperoleh melalui analisis metode konvensional. Namun, pada balok atap B37 dan B38 terjadi penurunan gaya geser yang terjadi pada metode konstruksi bertahap dengan persentase sebesar 22% dan 3% dari gaya geser pada metode konvensional.



Gambar 13. Gaya Geser Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Tanpa Balok Transfer

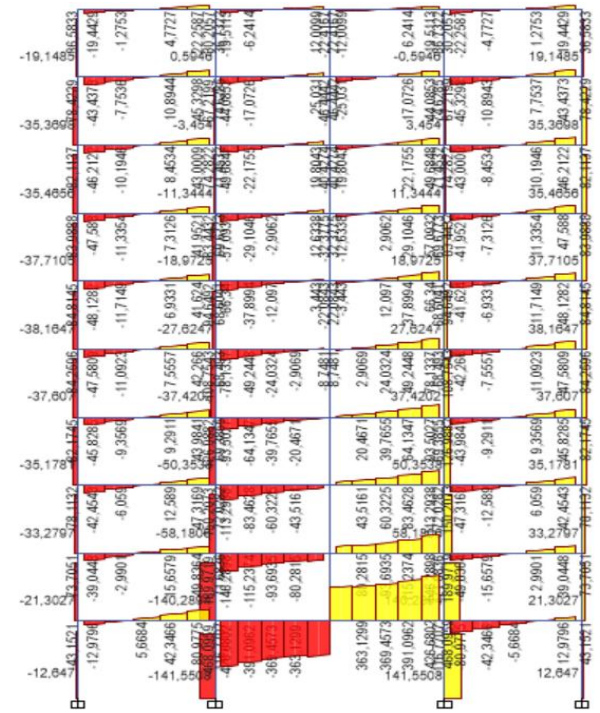


Gambar 14. Gaya Geser Metode Konvensional Bangunan Tanpa Balok Transfer

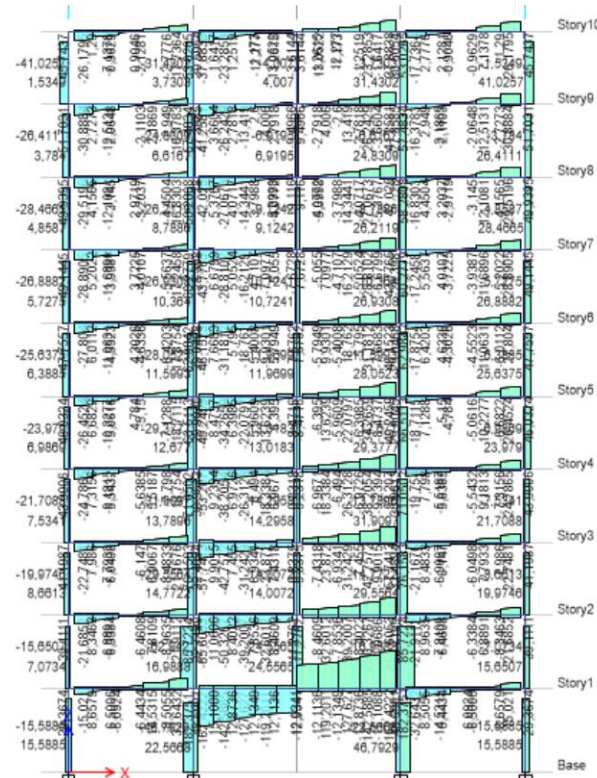
Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 8**, dapat dilihat bahwa pada contoh bangunan dengan balok transfer, gaya geser yang terjadi bila ditinjau dengan menggunakan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan. Gaya geser pada balok transfer BT yang dianalisis dengan metode konstruksi bertahap mengalami peningkatan sebesar 61% dibandingkan dengan gaya geser yang diperoleh melalui analisis menggunakan metode konvensional. Namun, pada balok atap B37 dan B38 terjadi penurunan gaya geser yang terjadi pada metode konstruksi bertahap dengan persentase sebesar 25% dan 76% dari gaya geser pada metode konvensional.

**Tabel 7.** Gaya Geser Maksimum Contoh Bangunan Tanpa Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Geser (kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	78,0308	39,1727	50%
2	2	B38	57,9842	28,7279	50%
3	3	B37	81,3437	41,3885	49%
4	3	B38	57,437	28,4974	50%
5	4	B37	83,5986	42,8942	49%
6	4	B38	57,1598	28,7047	50%
7	5	B37	84,9429	44,3014	48%
8	5	B38	57,4956	28,8961	50%
9	6	B37	85,3862	45,4764	47%
10	6	B38	57,5698	29,0298	50%
11	7	B37	84,9624	46,4462	45%
12	7	B38	57,3359	29,1241	49%
13	8	B37	83,6515	47,2558	44%
14	8	B38	57,4427	29,172	49%
15	9	B37	81,6605	47,6765	42%
16	9	B38	57,6043	29,2293	49%
17	10	B37	78,1544	48,8596	37%
18	10	B38	58,3342	29,0189	50%
19	Atap	B37	36,8818	45,0981	-22%
20	Atap	B38	27,5714	28,455	-3%



**Gambar 15.** Gaya Geser Metode Konstruksi Bertahap Bangunan Dengan Balok Transfer



**Gambar 16.** Gaya Geser Metode Konvensional Bangunan Dengan Balok Transfer

**Tabel 8.** Gaya Geser Contoh Bangunan Dengan Balok Transfer

No.	Lantai	Kode Elemen	Gaya Geser (kN)		Perbandingan
			Metode Konstruksi Bertahap	Metode Konvensional	
1	2	B37	116,7707	48,5991	58%
2	2	BT	468,0959	182,3751	61%
3	3	B37	73,7051	39,1111	47%
4	3	B38	189,9719	85,7224	55%
5	4	B37	78,1132	41,1987	47%
6	4	B38	150,2073	76,1583	49%
7	5	B37	82,1745	43,9006	47%
8	5	B38	126,9882	71,0502	44%
9	6	B37	84,2596	46,0324	45%
10	6	B38	108,7543	66,5113	39%
11	7	B37	84,8145	47,7557	44%
12	7	B38	94,6492	62,9842	33%
13	8	B37	83,9888	49,1445	41%
14	8	B38	83,4432	60,2779	28%
15	9	B37	82,1137	49,9395	39%
16	9	B38	74,2822	58,2808	22%
17	10	B37	78,4229	51,7031	34%
18	10	B38	67,2199	57,4834	14%
19	Atap	B37	36,7322	45,7437	-25%
20	Atap	B38	30,2057	53,0265	-76%

## KESIMPULAN

### 1. Defleksi Maksimum

Persentase peningkatan defleksi maksimum terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 92%, sedangkan persentase peningkatan defleksi maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 169%.

Persentase penurunan defleksi maksimum terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 80%, sedangkan persentase penurunan defleksi maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 86%.

Peningkatan dan penurunan defleksi pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

### 2. Gaya-Gaya Dalam

#### a. Momen

Persentase peningkatan momen maksimum yang terjadi pada balok lantai 2 contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 54%, sedangkan persentase peningkatan momen maksimum yang terjadi pada balok transfer BT contoh bangunan dengan balok transfer adalah 66%.

Persentase penurunan momen maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 29%, sedangkan persentase penurunan momen maksimum terbesar yang terjadi pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 56%.

Peningkatan dan penurunan momen maksimum pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

#### b. Gaya Normal

Persentase peningkatan gaya normal terbesar yang terjadi pada kolom tingkat 1 contoh bangunan tanpa balok transfer bila ditinjau dengan metode konstruksi bertahap adalah 42% dari peninjauan dengan metode konvensional. Sedangkan, Persentase peningkatan gaya normal terbesar yang terjadi pada kolom tingkat 1 contoh bangunan dengan balok transfer bila ditinjau dengan metode konstruksi bertahap adalah 42% dari peninjauan dengan metode konvensional.

Persentase penurunan gaya normal terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 24% dari metode konvensional, sedangkan persentase penurunan gaya normal terbesar pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 26% dari metode konvensional.

Peningkatan dan penurunan gaya normal pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

#### c. Gaya Geser

Pada contoh bangunan tanpa balok transfer, pada balok lantai 2, gaya geser yang ditinjau dengan metode konstruksi bertahap terjadi peningkatan dengan persentase sebesar 50% dari peninjauan dengan metode konvensional. Sedangkan, pada contoh bangunan dengan balok transfer, persentase peningkatan yang terjadi adalah 61%.

Persentase penurunan gaya geser terbesar pada contoh bangunan tanpa balok transfer adalah 22%, sedangkan persentase penurunan gaya geser terbesar pada contoh bangunan dengan balok transfer adalah 76%.

Peningkatan dan penurunan gaya geser pada contoh bangunan dengan balok transfer memiliki nilai persentase yang lebih besar dibandingkan dengan pada contoh bangunan tanpa balok transfer.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. M., & Moon, K. S. (2007). *Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects*. *Architectural Science Review*, 50(3), 205–223.
- Asroni, A. (2013). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chakrabarti, S. C., Nayak, G. C., & Agarwala, S. C. (2022). *Construction Sequence Analysis of Multi Storey Setback Building*. *Revista de la Construcción*, 21(2), 288–302.
- Choi, H. K., Lee, Y. S., & Park, J. H. (2016). *Time-Dependent Behavior of Transfer Structures in High-Rise Buildings*. *Engineering Structures*, 113, 102–115.
- Computers and Structures, Inc. (CSI). (2020). *ETABS V20 Documentation – Staged Construction*. Walnut Creek, CA: CSI.
- Computers and Structures, Inc. (CSI). (2021). *ETABS V20 – Structural Analysis and Design Software Manual*. Walnut Creek, CA: CSI.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Kim, S. Y., & Kim, H. J. (2009). *Effects of Construction Sequences on The Behavior of High-Rise Buildings*. Journal of Constructional Steel Research, 65(2), 398–408.
- Lestari, D. (2021). *Evaluasi Kinerja Struktur dengan Metode Construction Sequence Analysis pada Bangunan 20 Lantai* (Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Semarang).
- Nasution, A., & Yulinda, R. (2021). *Pengaruh Metode Construction Sequence Analysis Terhadap Hasil Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Software ETABS*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, 10(2), 88–95.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Teknis Bangunan Gedung Hijau*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Setiawan, A., & Putra, H. (2020). *Analisis Pengaruh Urutan Konstruksi Terhadap Respons Struktur Gedung Bertingkat*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 6(2), 113–120.
- Singh, M., Singh, R., & Yadav, A. (2023). *Study and Comparison of Conventional Analysis with Construction Sequence Analysis Using ETABS*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 11(9), 239–243.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2020. (2020). *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sutrisno, H. (2019). *Analisis Kinerja Transfer Beam pada Struktur Gedung Hotel dengan Variasi Beban Vertikal*. Jurnal Konstruksia, 6(1), 45–52.
- Wankhede, D. G., & Joshi, M. M. (2018). *Staged Construction Analysis for Multistoried Building by Using ETABS*. International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT), Special Issue CONVERGENCE 2018, 12–15.
- Wirawan, I. P. A. P., Tubuh, I. K. D. K., & Wiryadi, I. G. G. (2025). *Analisis Konstruksi Bertahap pada Struktur Rangka dengan Dinding Pengisi Berlubang*. Jurnal Ilmiah Kurva Teknik, 14(1), 75–83.
- Zhang, L., Wang, Q., & Chen, Y. (2015). *Comparative Study of Structural Responses With and Without Construction Sequence Analysis*. Structural Design of Tall and Special Buildings, 24(5), 367–379