

ANALISIS PERBANDINGAN BANGUNAN STRUKTUR MENGGUNAKAN PELAT KONVENSIONAL DAN *BUBBLEDECK SLAB*

(COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL BUILDINGS USING CONVENTIONAL PLATES AND BUBBLE DECK SLABS)

Nadhira Nur Komariah¹, Resti Nur Arini¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Indonesia

E-mail: nadhiranurkomariah27@gmail.com

Diterima 6 Oktober 2025, Disetujui 24 November 2025

ABSTRAK

Saat ini pekerjaan konstruksi di Indonesia, khususnya pada pekerjaan pelat lantai masih menjadi pilihan pertama yang digunakan yaitu penggunaan struktur konvensional. Hal ini karena kemudahan dalam pengerjaannya dan sangat umum digunakan. Akan tetapi, penggunaan pelat konvensional memberikan dukungan struktural yang minim dan menambah beban sendiri yang besar pada bangunan. Untuk peningkatan kualitas pekerjaan konstruksi tersebut, diperkenalkan pelat beton bertulang yang mengandung bola plastik gelembung yang juga dikenal sebagai *bubbledeck slab*. Tujuan penelitian yang dilakukan merupakan perbandingan *bubbledeck slab* dan pelat konvensional pada bangunan rumah susun untuk mengetahui perbedaan berat bangunan, simpangan antar tingkat, dan hasil tingkat kinerja struktur yang terjadi. Analisis struktur dilakukan menggunakan metode *pushover* sesuai dengan standar SNI 1726:2019 dan ASCE 41-17. Sedangkan untuk pemodelan struktur menggunakan program bantu berbasis *Finite Element Method* (FEM). Hasil menunjukkan bahwa dengan menggunakan *bubbledeck slab*, bangunan dapat tereduksi sebesar 27% dan menunjukkan nilai *drift* pelat konvensional lebih kecil dibandingkan *bubbledeck slab* pada arah X, namun kinerja struktur *bubbledeck slab* lebih baik pada arah Y, berada pada tingkat *immediate occupancy* (IO) dengan *roof drift ratio* lebih kecil yaitu sebesar 0,859%. Untuk tingkat kinerja arah X, kedua sistem pelat memenuhi standar minimum bangunan kategori II yaitu *life safety* (LS) dan bangunan yang menggunakan pelat konvensional dengan *roof drift ratio* lebih besar sebesar 1,513%.

Kata kunci: Pelat Konvensional; *BubbleDeck Slab*; Berat Bangunan; Tingkat Kinerja Bangunan.

ABSTRACT

Currently, construction work in Indonesia, particularly regarding floor slabs, still predominantly utilizes conventional structures. This is due to the ease of implementation and widespread use. However, the use of conventional slabs offers minimal structural support and adds significant self-weight to the building. To enhance the quality of construction work, reinforced concrete slabs containing plastic bubble balls, also known as *bubbledeck slabs*, have been introduced. The purpose of the research conducted is to compare *bubbledeck slabs* and conventional slabs in apartment buildings to determine the differences in building weight, inter-level displacement, and the resulting structural performance levels. Structural analysis was carried out using the *pushover* method in accordance with the SNI 1726:2019 and ASCE 41-17 standards. Meanwhile, structural modeling utilized a *Finite Element Method* (FEM) software. The results show that by using a *bubbledeck slab*, the building can be reduced by 27% and the drift value of the conventional slab is smaller compared to the *bubbledeck slab* in the X direction, however, the performance of the *bubbledeck slab* structure is better in the Y direction, being at the *immediate occupancy* (IO) level with a smaller *roof drift ratio* of 0,859%. For the performance level in the X direction, both slab systems meet the minimum standards for category II buildings, which is *life safety* (LS), and the building using the conventional slab has a larger *roof drift ratio* of 1,513%.

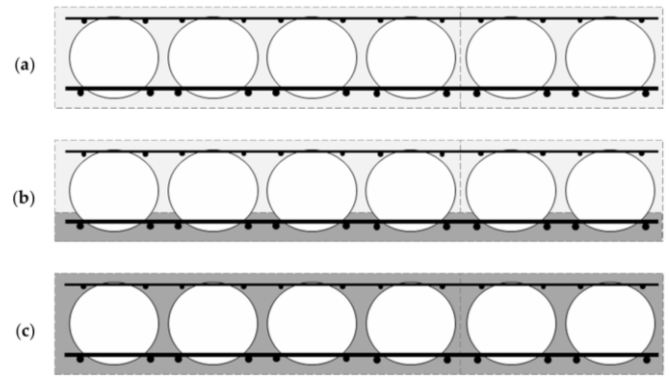
Keywords: Conventional Slab; *BubbleDeck Slab*; Building Weight; Structural Performance Level

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan konstruksi, pekerjaan struktur merupakan aspek yang paling berisiko karena menentukan kelayakan suatu bangunan [1]. Salah satu komponen dari pekerjaan struktur bangunan adalah pekerjaan pelat lantai dengan waktu pemasangan yang relatif lama [2]. Saat ini pekerjaan konstruksi, khususnya pada pekerjaan pelat lantai masih didominasi pada penggunaan struktur konvensional. Pekerjaan pelat konvensional masih menjadi pilihan pertama karena metodenya yang sangat umum digunakan dan kemudahan dalam pengerjaannya [3]. Pelat konvensional juga memiliki beberapa kelemahan, seperti memberikan dukungan struktural yang minim dan menambah beban sendiri yang besar pada bangunan [4]. Pengecoran pelat konvensional menggunakan material kayu sebagai bekisting semakin langka [5]. Di tengah tuntutan konstruksi yang semakin cepat, efisien, dan berkelanjutan, *bubbledeck slab* hadir sebagai inovasi pelat lantai modern yang memiliki rongga untuk mengurangi hampir seluruh beton di bagian tengah pelat lantai yang secara struktural tidak memiliki fungsi, sehingga dapat mengurangi beban mati dari pelat lantai itu sendiri [6]. Keunggulan lain dari pelat *bubbledeck* adalah dapat diproduksi 20% lebih cepat dengan penggunaan balok dan bekisting yang lebih sedikit, sehingga mengurangi volume beton dan berat pelat lantai hingga 33% sambil meningkatkan kapasitas beban hingga 23% [7].

Pelat lantai adalah elemen struktural yang tidak bersentuhan langsung dengan tanah melainkan berada di atas balok, berfungsi sebagai pemisah antara tingkat – tingkat dalam bangunan. Berdasarkan arah distribusi bebannya, pelat dibedakan menjadi pelat satu arah dan pelat dua arah. Desain tebal pelat perlu mempertimbangkan metode konstruksi yang digunakan agar aman, efisien, dan memenuhi standar keselamatan.

- Pelat konvensional adalah pelat lantai yang seluruh proses pembuatannya dilakukan langsung di lokasi proyek secara manual. Secara umum, metode ini fleksibel dalam bentuk dan ukuran, tetapi memakan waktu lama, dipengaruhi cuaca, dan boros material [3]. Perkembangan teknologi memunculkan alternatif yang lebih modern, salah satunya *bubbledeck slab* [8].
- Bubbledeck slab* adalah teknologi pelat lantai beton bertulang yang menggunakan bola-bola plastik hasil daur ulang berbahan dasar *High Density Poly Ethylene* (HDPE) yang memiliki karakteristik kuat, keras, dan tahan terhadap suhu tinggi [9]. Bola-bola ini untuk mengurangi berat beton tanpa mengurangi kekuatan strukturalnya serta menggantikan beton yang tidak berfungsi dalam menahan gaya tekan di bagian tengah pelat [6]. Perbandingan antara pelat konvensional dan *bubbledeck slab* memberikan perbedaan yang signifikan dalam efisiensi struktural. *Bubbledeck slab* dapat mengurangi volume beton hingga 50%, menurunkan beban pada struktur pendukung hingga 18%, dan memungkinkan bentang lebih panjang dengan jumlah kolom yang lebih sedikit [10]. Ada tiga jenis *bubbledeck slab* berdasarkan metode pekerjaan sebagai berikut:

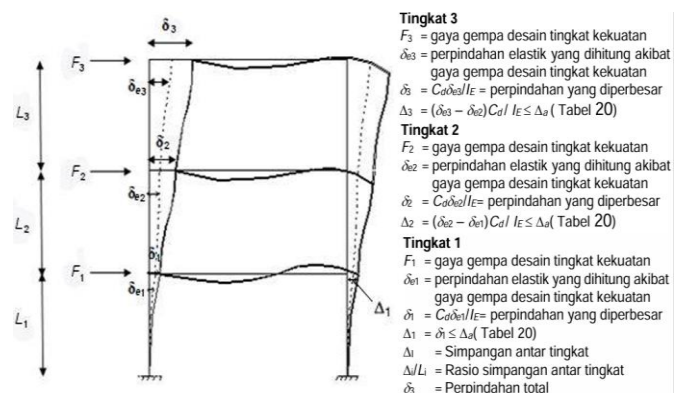


Gambar 1. Jenis *bubbledeck slab*: (a) *in situ element*, (b) *semi-prefabricated element*, and (c) *fully prefabricated element*. [11].

Ketiga metode pembuatan *bubbledeck slab* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, tergantung pada kebutuhan dan lokasi proyek. Metode *in situ element* yang cocok untuk desain kompleks. Kinerja pelat ini juga dipengaruhi pola susunan bola. Pengaturan yang merata dan kontinu menghasilkan kapasitas beban lebih baik. Ini menunjukkan bahwa pengaturan bola yang lebih baik dapat meningkatkan kinerja struktural pelat. Secara keseluruhan, meskipun pelat *bubbledeck* menunjukkan penurunan pada beberapa parameter struktural seperti kapasitas ultimate, momen, dan kekakuan, keunggulan dalam pengurangan berat, efisiensi penggunaan beton, kehematan biaya, dan dampak lingkungan yang lebih rendah menjadikannya alternatif inovatif dan berkelanjutan dalam industri konstruksi.

Simpangan Antar Tingkat

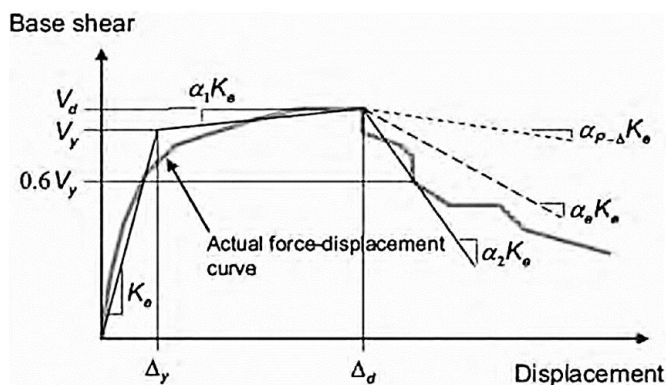
Simpangan antar tingkat (Δ) adalah selisih pergerakan lateral antara dua lantai berturut-turut yang diukur di pusat massa, sesuai SNI 1726:2019. Nilai ini menjadi indikator penting kinerja seismik bangunan dan harus dikendalikan agar mencegah kerusakan struktural maupun non-struktural saat gempa.



Gambar 2. Penentuan simpangan antar tingkat (SNI 1726:2019).

Analisis Statik Beban Dorong (*Pushover*)

Analisis *pushover* adalah metode statik nonlinier yang memberikan gaya lateral bertahap hingga struktur mencapai batas kemampuannya, untuk memetakan pembentukan sendi plastis dan kapasitas gedung terhadap gempa. Gempa yang dianalisis melalui *pushover* dianggap sebagai beban statis pada setiap lantai hingga terjadi pelelehan [12]. Mengacu pada ASCE/SEI 41-17, hasilnya digunakan menetapkan target kinerja (IO, LS, CP) dengan kurva gaya-perpindahan sebagai gambaran kapasitas dan perilaku struktur.



Gambar 3. Kurva gaya perpindahan. [13]

Penentuan target perpindahan (δ_t) untuk mengevaluasi kinerja seismik bangunan, menentukan titik performa struktur dan mengevaluasi bangunan untuk memenuhi tingkat kinerja yang diinginkan, dengan persamaan berikut:

$$\text{Target perpindahan } (\delta_t) = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4 \pi^2} g$$

Keterangan:

C_0 = Faktor modifikasi untuk spektral simpangan SDOF terhadap MDOF;

C_1 = Faktor modifikasi simpangan maksimum inelastik terhadap simpangan hitungan respon linier elastik;

C_2 = Faktor modifikasi efek bentuk histeresis yang terjepit;

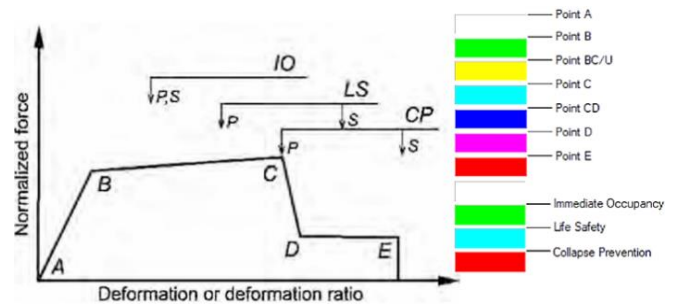
S_a = Respon spektrum percepatan pada periode fundamental efektif (g);

T_e = Periode fundamental efektif bangunan dalam arah yang dipertimbangkan (s);

g = Percepatan gravitasi (m/s^2).

Tingkat Kinerja Struktur Gedung

Kinerja struktur merujuk pada sejauh mana suatu struktur dapat berfungsi dengan baik saat menghadapi gempa yang direncanakan. Penilaian kinerja struktur dapat dilakukan dengan menganalisis tingkat kerusakan yang dialami oleh struktur akibat gempa dengan periode ulang tertentu. Oleh karena itu, kinerja struktur selalu terkait dengan biaya perbaikan Gedung [14].



Gambar 4. Ilustrasi kriteria penerimaan [13]

Kriteria batas deformasi elemen struktur untuk masing-masing tingkat kinerja dalam ASCE/SEI 41-17 adalah:

a. Immediate Occupancy (IO)

Elemen struktur boleh mengalami deformasi hingga batas dimana kerusakan permanen terlihat, tetapi tidak melebihi 0,67 dari deformasi *Life Safety*.

b. Life Safety (LS)

Elemen dianggap memenuhi LS jika deformasi tidak melebihi 0,75 kali deformasi pada titik E, dimana titik E adalah simpangan maksimum dari hasil eksperimen atau kurva *pushover*.

c. Collapse Prevention (CP)

Diizinkan hingga 1,0 kali deformasi pada titik E, yaitu batas maksimum sebelum elemen kehilangan kapasitas sepenuhnya [13].

Tabel 1. Batasan simpangan [15]

Tingkat Kinerja Struktur	Drift (%)	Keterangan
Immediate Occupancy	1,0	Transient Permanent
	0,25	
Life Safety	2,0	Transient
	1,0	Permanent
Collapse Prevention	4,0	Transit atau Permanent

Membandingkan perpindahan titik tertinggi bangunan (akibat gempa) terhadap tinggi keseluruhan bangunan, lalu dikonversi dalam bentuk persen pada persamaan berikut:

$$\text{Roof drift ratio} = \frac{\text{Target perpindahan (m)}}{\text{Elevasi gedung (m)}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

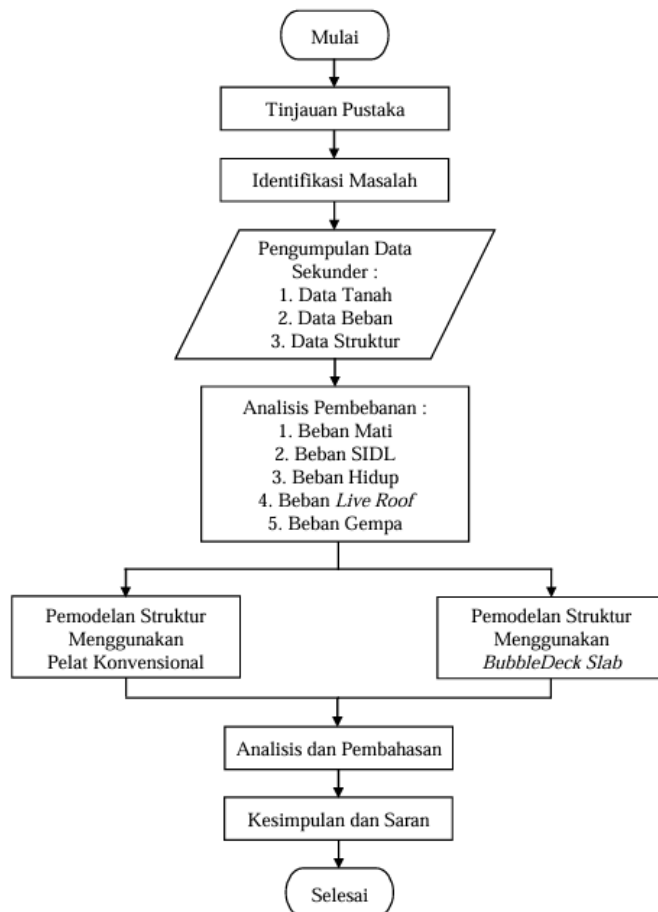
Program Bantu Berbasis *Finite Element Method*

Program bantu ini memudahkan perencanaan dan evaluasi struktur bertingkat dengan pemodelan akurat berbasis elemen hingga, mendukung analisis dinamik

(*response spectrum, time-history*) dan *pushover* sesuai FEMA 356. Pengguna dapat mensimulasikan perilaku plastis, menetapkan *hinge*, serta menguji berbagai pola beban. Hasilnya berupa kurva gaya-perpindahan, urutan pembentukan *hinge*, dan spektrum kapasitas memberikan gambaran jelas kapasitas seismik bangunan secara efisien dan terukur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja bangunan bertingkat dengan pelat konvensional dan *bubbledeck slab* berdasarkan regulasi yang berlaku. Pemodelan dilakukan menggunakan *Finite Element Method* (FEM), diawali tinjauan pustaka, identifikasi masalah, serta pengumpulan data sekunder (tanah, beban, struktur). Analisis pembebanan mencakup beban mati, SIDL, beban hidup, *live roof*, dan gempa, dilanjutkan pemodelan kedua tipe pelat lantai untuk dianalisis dan dibandingkan sebelum disusun kesimpulan dan saran.



Gambar 5. Tahapan Penelitian

Spesifikasi Material

Data spesifikasi material sangat penting untuk memastikan bahwa material yang dipilih memenuhi standar yang diperlukan untuk fungsi, keamanan, dan ketahanan struktur. Berikut data spesifikasi material struktur yang digunakan pada bangunan :

- a. Balok dan Kolom
 - Kekuatan Tekan Beton (f'_c) = 25 MPa
 - Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 23.500 MPa
 - Mutu Tulangan = BjTS 420B
 - Kekuatan Leleh Penguat (f_y) = 420 MPa
 - Kekuatan Tarik Penguat (f_u) = 525 MPa
 - Modulus Elastisitas Penguat (E_s) = 200.000 MPa
- b. Pelat Konvensional
 - Panjang Bentang Pendek (L_x) = 4,1 meter
 - Panjang Bentang Panjang (L_y) = 5,5 meter
 - Tebal Pelat Lantai = 120 mm
 - Tebal Selimut Beton = 20 mm
 - Mutu Tulangan = BjTP 280
 - Jarak Antar Tulangan = $\varnothing 10 - 200$ mm
 - Kekuatan Tekan Beton (f'_c) = 25 MPa
 - Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 23.500 MPa
 - Kekuatan Leleh Penguat (f_y) = 240 MPa
 - Modulus Elastisitas Penguat (E_s) = 200.000 Mpa
- c. BubbleDeck Slab
 - Tebal Pelat Lantai = 120 mm
 - Berat Efektif = 0,97 kN/m²
 - Ukuran Diameter Bola HDPE = 180 mm
 - Mutu Tulangan = BjTP 280
 - Jarak Antar Tulangan = $\varnothing 10 - 200$ mm
 - Reduksi Beban (Void) = 1,91 kN/m²
 - Faktor Kekakuan = 0,88
 - Faktor Geser = 0,6
 - Kualitas (*Grade*) Beton = M30
 - Kekuatan Tekan Beton (f'_c) = 30 MPa
 - Berat Jenis Beton = 8,08333 kN/m³
 - Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 22.653,80498 MPa
 - Kekuatan Leleh Penguat (f_y) = 415 MPa
 - Modulus Elastisitas Penguat (E_s) = 200.000 Mpa

Data Pembebanan

Beban Mati Tambahan (SIDL) berdasarkan Pedoman Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) Tahun 1987 adalah:

- Dinding Hebel = 3,4 m x 1,0199 kN/m² = 3,468 kN/m
- Keramik = 0,235 kN/m²
- Plafond = 0,108 kN/m²
- Penggantung = 0,0686 kN/m²
- MEP = 0,196 kN/m²

Beban hidup yang digunakan berdasarkan SNI 1727-2020 adalah:

- Atap = 0,96 kN/m
- Rumah susun = 1,92 kN/m²

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 5.3 tentang Definisi Kelas Situs bahwa N rata-rata < 15 termasuk jenis tanah kelas situs SE (tanah lunak). Didapatkan N rata-rata dari data tanah di atas sebesar 4,13311. Maka untuk bangunan rumah susun XYZ yang berlokasi di Cililitan, Kec. Kramat jati, Jakarta Timur termasuk jenis tanah kelas situs SE (tanah lunak).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Dasar Struktur (T)

Struktur gedung dengan sistem pemikul gaya seismik berupa rangka pemikul momen khusus (SRPMK), periode fundamental dapat dihitung sebagai berikut :

- Koefisien modifikasi respons (R) = 8
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3
- Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5
- Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1
- Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (h_n) = TB (tidak dibatasi)
- Faktor redundansi (ρ) = 1,3
- Periode pendekatan (T_a) = $C_t \times h_x$
= $0,0466 \times 21,9$
= 0,7495 detik
- Periode maksimal (T_{max}) = $C_u \times T_a$
= $1,4 \times 0,7495$
= 1,049 detik

Tabel 2. Periode dasar struktur bangunan

Keterangan	Periode (T)	Cek
Pelat Konvensional arah X	1,21 detik	Tidak Memenuhi
<i>BubbleDeck Slab</i> arah X	0,991 detik	Memenuhi
Pelat Konvensional arah Y	1,179 detik	Tidak Memenuhi
<i>BubbleDeck Slab</i> arah Y	0,952 detik	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2, dilakukan evaluasi terhadap periode dasar struktur bangunan dan hasil analisis seismik menunjukkan bahwa periode gempa maksimal adalah 1,049 detik. Maka pelat konvensional pada kedua arahnya melebihi batas maksimal yang ditetapkan, sehingga tidak memenuhi kriteria desain terhadap respons seismik. Sebaliknya, *bubbledeck slab* masih berada di bawah ambang batas 1,049 detik, sehingga memenuhi persyaratan. Penggunaan *bubbledeck slab* terbukti lebih efektif dalam mengurangi periode struktur, sehingga lebih sesuai untuk desain bangunan tahan gempa. Ini menunjukkan bahwa sistem pelat ringan seperti *bubbledeck slab* dapat meningkatkan kinerja dinamik struktur secara signifikan.

Berat Seismik Efektif (W)

Selanjutnya untuk total berat struktur diambil dari hasil berat seismik efektif (W) yang dianggap berkontribusi terhadap respons seismik bangunan didapatkan dari pemodelan struktur dalam Tabel 3.

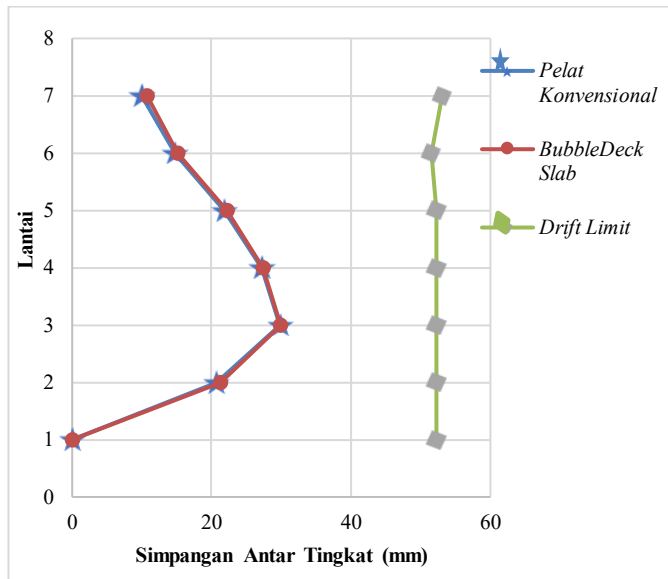
Tabel 3. Rekapitulasi berat bangunan setiap lantai

Lantai	Bangunan menggunakan Pelat Konvensional		Bangunan menggunakan <i>BubbleDeck Slab</i>	
	Kg	kN	Kg	kN
Ring Balok	101.804,47	998,36	101.804,47	998,36
Dak Atap	520.164,31	5.101,07	398.959,86	3.912,46
Lantai 6	876.341,68	8.593,98	623.510,06	6.114,54
Lantai 5	875.453,68	8.585,27	622.622,06	6.105,84
Lantai 4	876.341,68	8.593,98	623.510,06	6.114,54
Lantai 3	876.341,68	8.593,98	623.510,06	6.114,54
Lantai 2	887.442,64	8.702,84	629.598,80	6.174,26
Lantai 1	61.485,60	602,97	61.485,60	602,97
Total	5.075.375,74	49.772,43	3.685.000,97	36.137,51

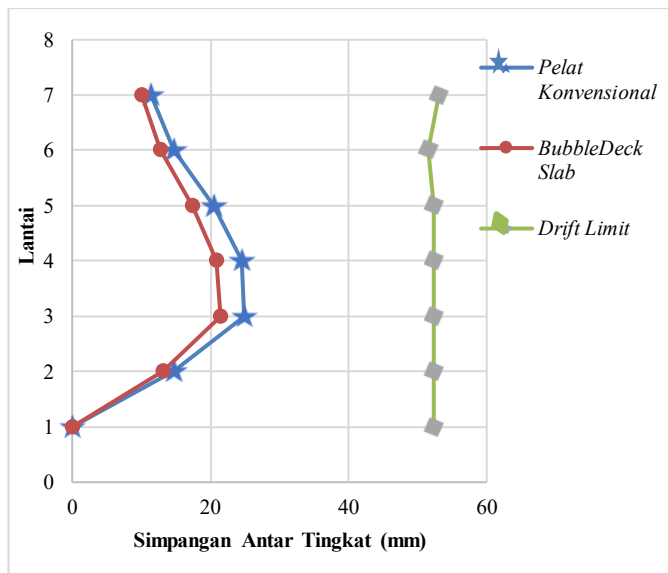
Terdapat selisih sebesar 13.634,92 kN pada total berat bangunan yang berasal dari perbedaan spesifikasi pelat lantai yang digunakan. Bangunan yang menggunakan pelat lantai konvensional memiliki berat total 27% lebih tinggi dibandingkan bangunan yang menggunakan *bubbledeck slab*. Bangunan yang menggunakan *bubbledeck slab* lebih ringan karena adanya faktor reduksi beban (*void*) sebesar 1,91 kN/m² yang secara dapat menurunkan berat bangunan.

Perbandingan Simpangan Antar Tingkat

Dari dua sistem pelat lantai yang berbeda yaitu pelat konvensional dan *bubbledeck slab* terhadap batas maksimum *drift* yang diizinkan (Δ_{max}) pada arah X dan arah Y. Dengan mengacu pada rumus simpangan antar tingkat pada Gambar 2, hasil perhitungan sebagai berikut:



(a)

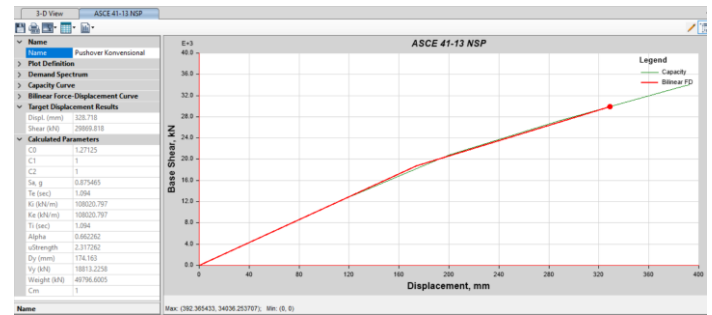


(b)

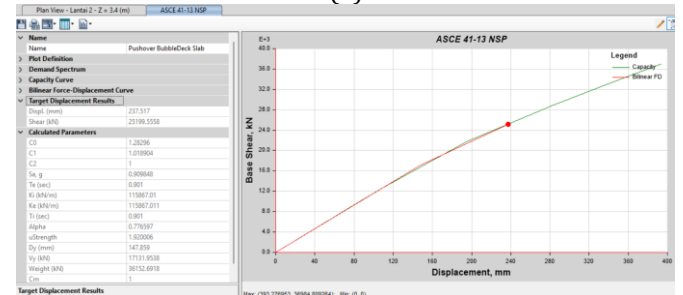
Gambar 6. Perbandingan simpangan antar tingkat 9a0 arah x dan (b) arah y

Kurva Pushover

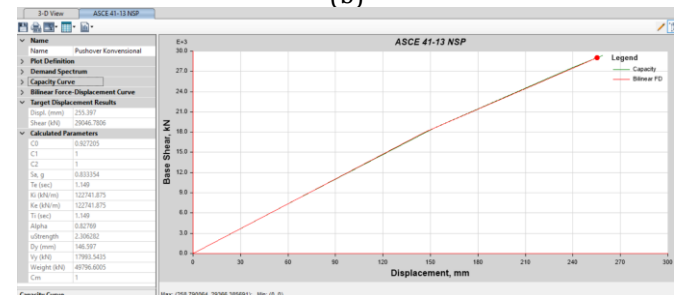
Digunakan metode analisis statik nonlinier berdasarkan ASCE/SEI 41-17. Analisis ini dilakukan *modelling* dilihat hasil target perpindahan struktur dengan pendekatan analisis statik nonlinier, digunakan untuk menilai potensi *drift* serta memenuhi kriteria performa dengan parameter seperti C0, C1, C2. Dapat dilihat kurva *pushover* hasil *modelling* sebagai berikut:



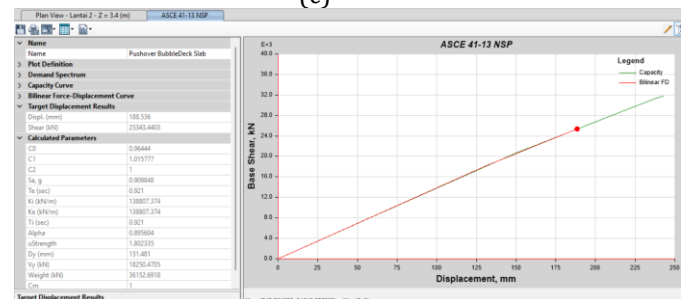
(a)



(b)

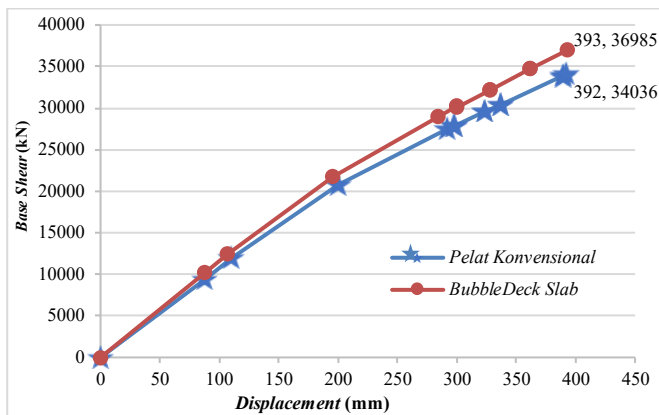


(c)

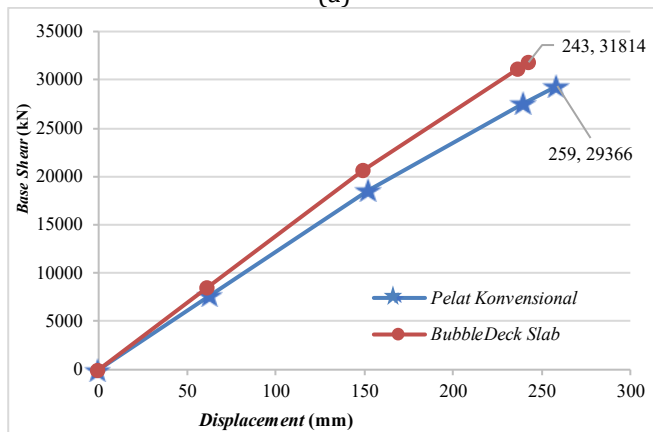


(d)

Gambar 7. Kurva *pushover* : (a) Bangunan menggunakan pelat konvensional arah X (b) Bangunan menggunakan *bubbledeck slab* arah X (c) Bangunan menggunakan pelat konvensional arah Y (d) Bangunan menggunakan *bubbledeck slab* arah Y.



(a)



(b)

Gambar 8. Perbandingan kurva *pushover* :
(a) Untuk arah X dan
(b) Untuk arah Y

Berdasarkan Gambar 8, Hasil kurva *pushover* arah X menunjukkan perbedaan perilaku struktur antara pelat *bubbledeck* dan konvensional terhadap beban gempa lateral. Pada tahap awal, *bubbledeck slab* memiliki kekakuan awal lebih tinggi dengan target perpindahan 0,240 m, sedangkan pelat konvensional lebih lentur dengan target perpindahan 0,331 m. Meskipun berbeda dalam karakteristik deformasi, keduanya memiliki kapasitas gaya lateral maksimum hampir sama yaitu sebesar 36,985 kN untuk *bubbledeck slab* dan 34,036 kN untuk pelat konvensional. Menandakan bahwa pengurangan berat pada *bubbledeck slab* tidak mengorbankan kekuatan lateral.

Bubbledeck slab menunjukkan displacement akhir yang lebih besar, mengindikasikan kemampuan deformasi dan fleksibilitas struktural yang lebih baik. Kombinasi efisiensi material, pengurangan beban gempa, dan kemampuan menahan deformasi tanpa kehilangan kapasitas menjadikannya pilihan unggul. Namun, untuk kebutuhan kekakuan tinggi dan deformasi minimum, pelat konvensional lebih sesuai. Kemudian untuk kurva *pushover* arah Y menunjukkan pola perilaku struktur yang mirip dengan arah X, namun dengan keunggulan nyata pada pelat *bubbledeck*. Sistem ini menampilkan respons yang lebih stabil setelah mencapai kapasitas maksimum,

dengan target perpindahan 0,188 m, dibandingkan pelat konvensional yang lebih daktail dengan target 0,254 m.

Bubbledeck slab juga mampu menahan base shear lebih besar yaitu sebesar 31,814 kN dibanding pelat konvensional nilainya 29,366 kN. Meski memiliki displacement lebih kecil, kemiringan awal kurva yang lebih curam menandakan respons elastis kuat, kekakuan tinggi, dan distribusi massa dan kekakuan yang lebih optimal. Karakteristik ini membuat *bubbledeck slab* lebih efisien dalam menahan gaya lateral pada arah Y.

Tabel 4. Hasil tingkat kinerja struktur

Keterangan	Target Perpindahan (m)	Tinggi Bangunan (m)	Roof Drift Ratio (%)	Tingkat Kinerja Struktur
Pelat Konvensional arah X	0,331325	21,9	1,513	Life Safety
<i>BubbleDeck Slab</i> arah X	0,240168	21,9	1,097	Life Safety
Pelat Konvensional arah Y	0,253744	21,9	1,159	Life Safety
<i>BubbleDeck Slab</i> arah Y	0,188066	21,9	0,859	Immediate Occupancy

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4, menunjukkan bahwa kedua sistem pelat memenuhi standar minimum kinerja struktur untuk bangunan kategori II dengan tingkat *Life Safety* (LS), yang berarti aman secara struktural dan mampu mencegah keruntuhan total saat gempa. Namun, *bubbledeck slab* terbukti unggul. Pada arah Y, kinerjanya mencapai *Immediate Occupancy* (IO), level tertinggi menurut ASCE 41-17, yang menandakan bangunan tetap aman dan langsung dapat digunakan setelah gempa tanpa perbaikan besar. Keunggulan ini didukung oleh *roof drift ratio* yang lebih kecil, menunjukkan deformasi lateral yang rendah, kekakuan yang lebih baik, serta berat pelat yang ringan sehingga mengurangi beban gempa pada struktur. *Bubbledeck slab* menjadi pilihan dalam desain bangunan di wilayah rawan gempa.

KESIMPULAN

Hasil pemodelan struktur bangunan rumah susun dengan pelat lantai yang berbeda yaitu pelat konvensional dan *bubbledeck slab*, masing-masing menunjukkan performa struktural yang memadai. Setelah dilakukan analisis dan pembahasan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Berdasarkan berat seismik efektif, bangunan yang menggunakan pelat lantai konvensional memiliki nilai lebih besar yaitu nilainya sebesar 49.772,43 kN dibandingkan yang menggunakan *bubbledeck slab* bernilai 36.137,51 kN. Ada selisih nilai sebesar 13.634,92 kN pada total berat bangunan yang berasal dari perbedaan spesifikasi pelat lantai yang digunakan. Dengan menggunakan *bubbledeck slab*, bangunan dapat tereduksi sebesar 27%.
 2. Hasil perhitungan untuk simpangan antar tingkat menunjukkan bahwa masing-masing bangunan memenuhi batas *drift* yang diizinkan sesuai standar.
 - a. Pada arah X, pelat konvensional memiliki nilai *drift* yang lebih kecil dibandingkan *bubbledeck slab* dengan selisih rata-rata simpangan sebesar 0,349 mm.
 - b. Sebaliknya, pada arah Y, *bubbledeck slab* menunjukkan performa yang lebih baik dengan nilai *drift* yang lebih kecil di setiap lantai, dan selisih rata-rata simpangan sebesar 2,4595 mm dibandingkan pelat konvensional.
- Secara keseluruhan, bangunan layak digunakan dalam desain struktur tahan gempa, dengan masing-masing menunjukkan keunggulan relatif tergantung arah gaya lateral yang bekerja.
3. Perbandingan tingkat kinerja struktur :
 - a. Untuk arah X, kedua pelat memenuhi standar minimum bangunan kategori II yaitu *life safety* (LS), artinya aman secara struktural. Bangunan yang menggunakan pelat konvensional dengan *roof drift ratio* sebesar 1,513% lebih besar daripada yang menggunakan *bubbledeck slab* dengan *roof drift ratio* sebesar 1,097%.
 - b. Untuk arah Y, didapatkan hasil yang berbeda. Bangunan yang menggunakan *bubbledeck slab* menunjukkan kinerja struktur lebih baik, berada pada tingkat *immediate occupancy* (IO) dengan *roof drift ratio* lebih kecil yaitu sebesar 0,859%. Sedangkan bangunan yang menggunakan pelat lantai konvensional mencapai tingkat *life safety* (LS) dengan *roof drift ratio* sebesar 1,159%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. P. Joni, A. A. D. P. Dewi, and I. G. A. C. Sasmita, "Analisis Perbandingan Waktu Dan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Antara Plat Lantai Bondek Dengan Konvensional (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rsu Garbamed-Kerobokan)," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 24, no. 1, 2020.
- [2] T. E. Saragi and K. Z. Nefa, "Analisa Perbandingan Pelaksanaan Struktur Pelat Lantai Metode Konvensional, Boundeck Dan Precast Full Slab Ditinjau Dari Segi Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung GBKP Tanah Merah Binjai," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 38–52, 2022.
- [3] A. Andreas, N. Tinumbia, and R. M. Kurnia, "Comparison Of Cost and Time Of Floor Slab Works On Conventional and Bubble Deck Slab Methods (Case Research Of Central Control Building, Muara Tawar Power Plant Project, Bekasi, West Java)," *Jurnal Infrastruktur*, vol. 8, no. 2, pp. 117–125, 2022.
- [4] Z. A. Aziz and C. L. Heng, "Bubble Deck Slab System: A Review on the Design and Performance," *Int. J. Innov. Educ. Res.*, vol. 9, no. 9, pp. 575–588, 2021, doi: 10.31686/ijer.vol9.iss9.3397.
- [5] A. Rafik, S. Hadi, and R. F. Cahyani, "Perbandingan Anggaran Biaya (Rab) Pelat Lantai Konvensional Dengan Pelat Lantai Komposit (Bondek)," *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [6] D. A. M. Darma and N. Arrasyid, "Analisis Perbandingan Berat Bangunan terhadap Pelat Konvensional dan Pelat Bubbledeck pada Gedung Sekolah 4 Lantai," *Jurnal Teknik Sipil ITP*, vol. 11, no. 2, pp. 120–127, 2024, doi: 10.21063/JTS.2024.V1102.120-127.
- [7] N. A. M. Khairussaleh, R. Omar, S. M. Aris, M. F. M. Nor, M. A. M. Saidi, and N. M. A. N. M. Mahari, "Flexural Behaviour of the Two-Way Spanning Reinforced Concrete Slab Using Spherical Plastic Bubble Balls," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1140, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1140/1/012016.
- [8] Paryanto and L. Hendarti, "Analisis Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pelat Beton dengan Metode Bondex dan Konvensional," *Surakarta Civil Engineering Review*, pp. 25–32, 2021.
- [9] Y. Setiawan, N. Handayani, and N. A. Saputra, "Limbah Plastik HDPE Sebagai Material Campuran Dalam Beton f'c 12 MPa," *AGREGAT*, vol. 7, no. 2, pp. 733–741, 2022.
- [10] H. S. H. Sany *et al.*, "Experimental and Theoretical Design of Reinforced Bubble Deck Concrete (RBDC) Slab: A Review," *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, vol. 117, no. 1, pp. 35–50, 2024, doi: 10.37934/ARAM.117.1.3550.
- [11] T. Gajewski, N. Staszak, and T. Garbowski, "Optimal Design of Bubble Deck Concrete Slabs: Serviceability Limit State," *Materials*, vol. 16, no. 14, pp. 1–17, 2023, doi: 10.3390/ma16144897.
- [12] F. A. Nugraha, D. Pertiwi, E. Susanti, J. Propika, and H. Istiono, "Kinerja Struktur Gedung Baja Tahan Gempa Menggunakan Analisis Pushover Pada Gedung Office Momen Surabaya," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan X*, pp. 1–17, 2022.
- [13] American Society of Civil Engineers, *ASCE/SEI 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. the United States of America: THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2017.
- [14] K. B. Asmara, Mohd. Isneini, and C. N. D.W.S.B.U, "Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Tinggi dengan Analisis Pushover Menggunakan Aplikasi Pemodelan

Struktur (Studi Kasus : The Venetian Tower),”
JRSDD, vol. 9, no. 1, pp. 177–188, 2021.

- [15] Y. P. A. Rumbyarso, *Kinerja Struktur Gedung Office 36 Lantai : Analisis Time History dan Pushover*, vol. 11, no. 1. Banyumas: AMERTA Media, 2024.