

Analisis Struktur Hotel Menggunakan Metode *Direct Displacement Based Design*

F. Amir^{a*}, M. Sutrisno^a, M. Agung^b dan T. Sakti^b

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

^bAlumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

*Corresponding author's e-mail : fatmastructureunta@gmail.com

Received: 4 February 2025; revised: 15 February 2025; Accepted: 26 February 2025

Abstract: Palu City is one of the areas prone to earthquakes, as evidenced by the earthquake incident on September 28 2018, buildings in Palu city should be analyzed due to seismic loads and based on structural performance. One of the performance-based analysis methods is the direct displacement based design (DDBD) method. The direct displacement based design method is an seismic analysis method that makes the performance target as an initial reference for seismic load design. The design structure in this paper is a 12-storey hotel structure and located in Palu City, using a special moment resisting frame system, with the quality of the concrete material, $f'_c = 35$ MPa, reinforcement $f_y = 420$ MPa for main reinforcement and 280 MPa for shear reinforcement. The seismic load generated from the DDBD for the X direction is 6986.61 kN and for the Y direction is 6132.91 kN. From the loads acting on the structure, it is found that the safe dimensions of the elements are using column dimensions 800/800, main beam 700/500, and the plate thickness is 140 mm.

Keywords: *direct displacement based design, structure design, seismic loads*

Abstrak: Kota Palu merupakan salah satu daerah yang rawan terhadap gempa, dibuktikan saat kejadian gempa tanggal 28 September 2018, sehingga bangunan di Kota Palu perlu dianalisis dengan memasukkan beban gempa dan berbasis kinerja struktur. Salah satu metode analisis berbasis kinerja adalah Metode *Direct Displacement Based Design* (DDBD). Metode *Direct Displacement Based Design* merupakan metode analisis gempa yang menjadikan target kinerja sebagai acuan awal untuk desain beban gempa. Struktur yang direncanakan pada kajian ini merupakan struktur hotel 12 lantai dan terletak di Kota Palu, menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus, dengan mutu material beton, $f'_c = 35$ MPa, tulangan $f_y = 420$ MPa untuk tulangan utama dan 280 MPa untuk tulangan geser. Beban gempa yang dihasilkan dari metode DDBD untuk arah X sebesar 6986,61 kN dan untuk arah Y sebesar 6132,91 kN. Dari beban-beban yang bekerja pada stuktur didapatkan dimensi-dimensi elemen yang aman, yaitu dimensi kolom menggunakan 800/800, balok induk 700/500, dan tebal pelat 140 mm.

Kata kunci: *direct displacement based design, analisis struktur, beban gempa*

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang rawan akan bencana gempa bumi. Gempa bumi merupakan kejadian alam yang tidak dapat diketahui kapanakan terjadi dan seberapa besarnya, dandapat menimbulkan kerugian yang dapat berupa jiwa maupun harta [1]. Akibat gempa yang terjadi mengakibatkan kerusakan bangunan dari mulai tingkat kerusakan ringan, sedang hingga berat [2].

Berdasarkan data dari BNPB, tertanggal sejak 1 Januari 2018 hingga tanggal 21 Mei 2021 telah terjadi sebanyak 207 gempa bumi, ditahun 2018 terjadi dua gempa bumi yang menelan banyak korban jiwa dan merusak ribuan bangunan, Gempa Lombok berkekuatan 6,9 Mw dan Gempa Palu berkekuatan 7,4 Mw, yang terakhir memicu Tsunami dan Likuifaksi di beberapa lokasi yang menyebabkan kerugian sangat besar. Perencanaan bangunan tahan gempa dibutuhkan untuk memberikan waktu bagi pengguna bangunan untuk menyelamatkan diri saat terjadi gempa [3].

Metode *Direct Displacement-Based Design* (DDBD) adalah metode perhitungan beban gempa berdasarkan target kinerja yang diinginkan oleh perencana di awal proses perencanaan struktur. Parameter tersebut akan menentukan kapasitas bangunan secara menyeluruh khususnya

parameter seismik [4]. Terdapat beberapa tingkatan kinerja struktur yang menjadi acuan ketika memulai perencanaan, untuk menghasilkan besaran beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan. Yang kemudian dapat dievaluasi untuk memperoleh target kinerja yang diinginkan. Hal tersebut mendasari suatu arah baru dalam penelitian teoritik dan eksperimental rekayasa struktur tahan gempa [5].

Metode *Direct Displacement-Based Design* atau bisa disingkat DDBD bisa menjadi salah satu alternatif perhitungan beban gempa selain metode berbasis gaya yang dapat digunakan oleh perencana, khususnya pada bangunan tinggi, dari beberapa hasil penelitian diketahui, metode DDBD memiliki hasil akhir yang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode gaya jika digunakan untuk perencanaan bangunan tinggi, sehingga diharapkan kajian perencanaan perhitungan metode DDBD ini dapat menjadi acuan alternatif dan bahan ilmu pengetahuan untuk perencanaan di masa depan terutama untuk perencanaan struktur di Kota Palu yang rawan akan bencana gempa bumi.

Tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui tentang bagaimana merencanakan sebuah struktur gedung hotel berdasarkan peraturan SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, &

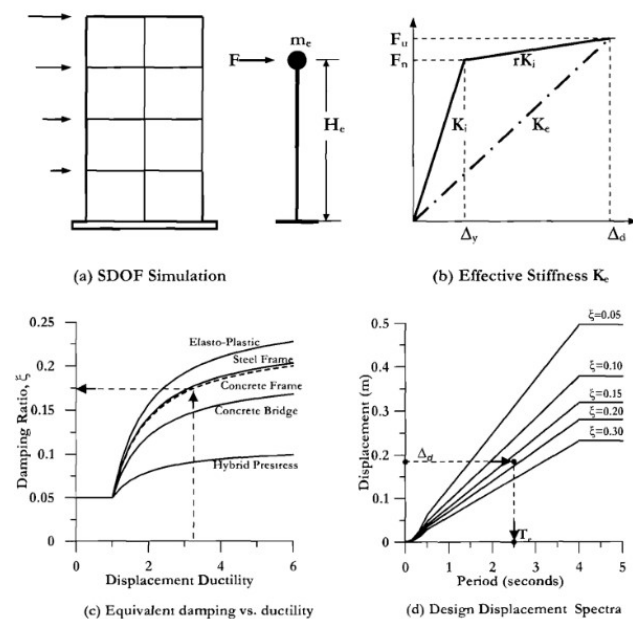
SNI 1726:2019 [6-8] untuk mencapai target perpindahan serta kinerja batas yang telah direncanakan, dan pola keruntuhan [9-11].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Metode Direct Displacement Based Design

Direct Displacement-Based Design (DDBD) adalah salah satu pendekatan desain baru yang berdasarkan perpindahan, perpindahan digunakan sebagai basis baru untuk analisis, dikarenakan, perpindahan atau displacement lebih berkorelasi terhadap kerusakan daripada gaya atau force based, yang dimana tingkat kinerja struktur disampaikan dengan ketentuan perpindahan. Tujuan dasar dari DDBD adalah untuk memperoleh struktur yang akan mencapai target perpindahan ketika mengalami gempa sesuai dengan referensi respons spektrum yang didapatkan [12]. Target displacement merupakan displacement maksimal yang terjadi dan dari hasil tersebut bisa digunakan untuk menentukan level kinerja bangunan. Target displacement didapatkan dari grafik kapasitas struktur [13].

Pada Gambar 1 ditampilkan tahapan-tahapan dasar implementasi metode DDBD [14] pada struktur, dan tiap tahapan akan diuraikan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Metode DDBD [14]

2.2. Tingkat Kinerja Struktur

Nilai tingkat kinerja struktur (Tabel 1) ditentukan dibagian awal analisis untuk nantinya digunakan pada saat perhitungan beban gempa menggunakan metode DDBD, nilai tingkat kinerja diambil dari tabel ATC-40, sesuai dari rekomendasi dalam ATC-40 [15-16] untuk bangunan baru disarankan menggunakan nilai simpangan total maksimum yaitu 0,02 pada tingkat kinerja *life safety*.

Tabel 1. Tingkat kinerja struktur

Batas Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja Struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan total maks.	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V_i/P_i
Simpangan inelastic maks.	0,005	0,005-0,015	Tidak ada batasan	Tidak ada batasan

3. Metode Penelitian

3.1. Data Penelitian

Lokasi kajian struktur gedung hotel ini terletak di Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah, tepatnya di Jl. Gajah Mada, Kecamatan Palu Barat, Kelurahan Siranindi.

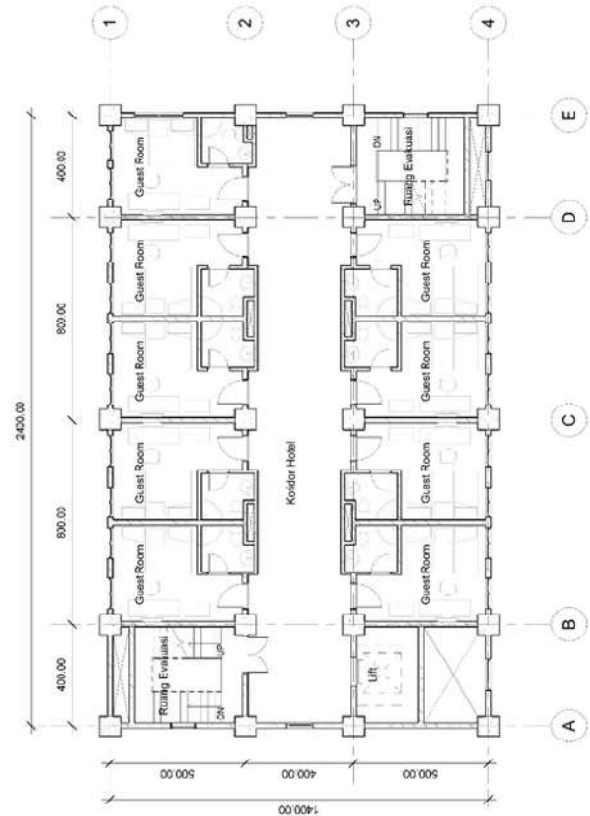
Struktur direncanakan memiliki fungsi sebagai hotel berlantai 12, tinggi lantai pertama adalah 4 m, dan tinggi lantai 2 hingga 12 adalah 3,5 m, total tinggi bangunan dari lantai dasar adalah 42,5 m. Dimensi Struktur searah sumbu X adalah 24 m sedangkan lebar struktur searah sumbu Y adalah 14 m. Jumlah portal searah sumbu X sebanyak 5 portal dan searah sumbu Y sebanyak 4 portal. Material struktur yang digunakan pada kajian ini adalah beton dengan mutu 35 MPa sedangkan untuk tulangan digunakan mutu 420 MPa untuk tulangan ulir dan 280 MPa untuk tulangan polos. Sebagai kelengkapan untuk analisis, gambar 3D, tampak, denah, dan potongan dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 2 dan Gambar 4.



Gambar 2. Rendering hotel



Gambar 3. Denah lantai dasar



Gambar 4. Denah Lantai 2-12

3.2. Alur Penelitian

Kajian ini dilaksanakan dengan mengacu pada peraturan-peraturan bangunan terbaru, agar bangunan yang direncanakan dapat bertahan sesuai umur rencananya, khususnya ketika daerah bangunan direncanakan mengalami bencana gempa bumi dan dapat bertahan terhadap kondisi pembebanan yang mungkin terjadi, diperlukan tahapan-tahapan untuk merencanakan bangunan yang baik dan detail sehingga bangunan dapat memiliki performa seperti yang telah direncanakan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Preliminary Design Elemen Struktur

Perhitungan dimensi awal elemen struktur yang akan digunakan didasarkan pada peraturan SNI yaitu dimensi minimum yang harus dipenuhi elemen struktur (Tabel 2).

Tabel 1. Dimensi struktur

Elemen Struktur	Dimensi (mm)	Ket.
Balok	500 x 700	Balok Induk
	350 x 500	Balok Anak
Pelat	140 (Tebal)	Pelat Lantai
	100 (Tebal)	Pelat Atap
Kolom	800 x 800	Seragam

4.2. Pembebanan Struktur

1) Beban Mati

- Berat sendiri struktur dihitung oleh program analisis struktur SAP2000

- Beban *Finishing* pelat lantai, $Q = 1,44 \text{ kN/m}^2$
- Beban *Finishing* pelat atap, $Q = 0,39 \text{ kN/m}^2$
- Beban dinding, $q = 6,44 \text{ kN/m}$

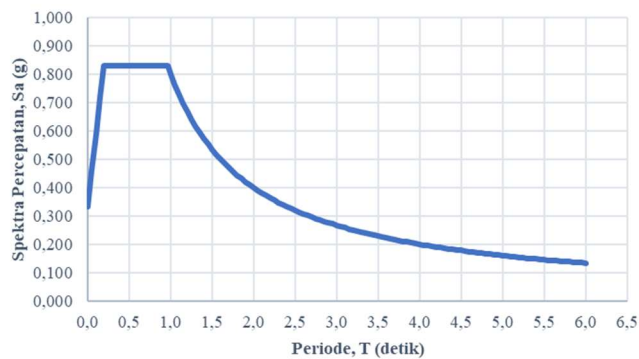
2) Beban Hidup

- Beban hidup pada lantai hunian = $1,92 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup pada ruang koridor = $4,79 \text{ kN/m}^2$
- Beban partisi = $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Beban hidup pada lantai atap datar = $0,96 \text{ kN/m}^2$

3) Respons Spektrum Gempa Elastis

Respons spektrum yang akan digunakan untuk analisis beban gempa ke metode DDBD (Gambar 5) akan ditentukan dengan tahap sebagai berikut:

- Pemanfaatan bangunan : Hotel
- Kategori risiko : II
- Faktor keutamaan gempa : 1,0
- Klasifikasi situs : SE
- S_s : 1,556(g)
- S_1 : 0,600(g)
- F_a : 0,800
- F_v : 2,000
- S_{MS} : 1,244(g)
- S_{M1} : 1,200(g)
- S_{DS} : 0,829(g)
- S_{D1} : 0,800(g)
- T_0 : 0,192 dtk
- T_s : 0,963 dtk
- Kategori desain seismik : D



Gambar 5. Respons spektrum elastis

4.3. Perhitungan Gaya Geser DDBD

Hasil perhitungan gaya geser dasar pada masing-masing arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

4.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang akan diinput dalam analisis struktur adalah kombinasi yang mengacu pada SNI 1727:2020,

dengan kombinasi sebanyak 18 kombinasi serta satu kombinasi gravitasi 1,2DL+1,0LL.

- K1 = 1,4DL
- K2 = 1,2DL + 1,6LL
- K3 = 1,2DL + 1,0EqX + 0,3EqY + 0,5LL
- K4 = 1,2DL + 1,0EqX - 0,3EqY + 0,5LL
- K5 = 1,2DL - 1,0EqX + 0,3EqY + 0,5LL
- K6 = 1,2DL - 1,0EqX - 0,3EqY + 0,5LL
- K7 = 1,2DL + 1,0EqY + 0,3EqX + 0,5LL
- K8 = 1,2DL + 1,0EqY - 0,3EqX + 0,5LL
- K9 = 1,2DL - 1,0EqY + 0,3EqX + 0,5LL
- K10 = 1,2DL - 1,0EqY - 0,3EqX + 0,5LL
- K11 = 0,9DL + 1,0EqX + 0,3EqY
- K12 = 0,9DL + 1,0EqX - 0,3EqY
- K13 = 0,9DL - 1,0EqX + 0,3EqY
- K14 = 0,9DL - 1,0EqX - 0,3EqY
- K15 = 0,9DL + 1,0EqY + 0,3EqX
- K16 = 0,9DL + 1,0EqY - 0,3EqX
- K17 = 0,9DL - 1,0EqY + 0,3EqX
- K18 = 0,9DL - 1,0EqY - 0,3EqX
- K19 = 1,2DL + 1,0LL

Tabel 2. Gaya per lantai arah X

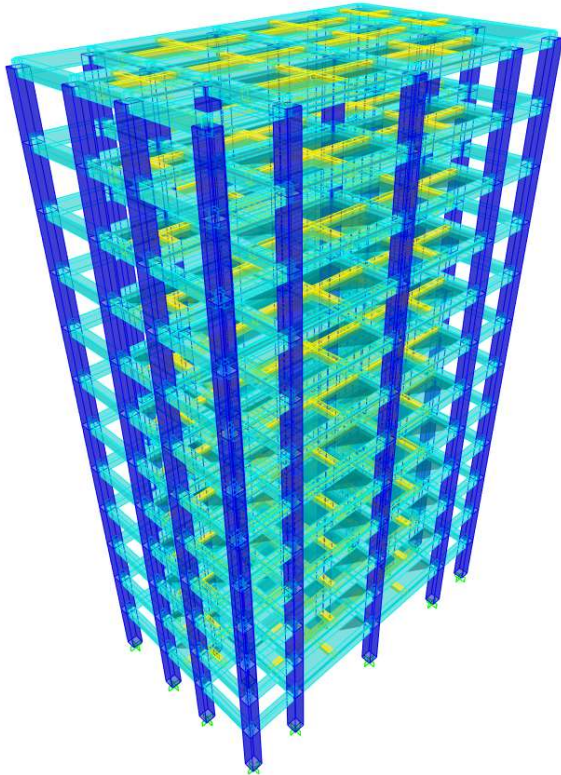
Tingkat	Tinggi (m)	Massa (kN)	Δi	$m_i * \Delta i$	Vb	Fi (kN)
Atap	43,0	2889,65	0,653	1886,54	6986,61	1231,98
12	39,5	5002,45	0,616	3079,22	6986,61	870,49
11	36,0	5001,23	0,575	2877,06	6986,61	813,34
10	32,5	5001,23	0,532	2660,89	6986,61	752,23
9	29,0	5001,23	0,486	2429,96	6986,61	686,95
8	25,5	5001,23	0,437	2184,27	6986,61	617,49
7	22,0	5001,23	0,385	1923,82	6986,61	543,86
6	18,5	5001,23	0,330	1648,60	6986,61	466,06
5	15,0	5001,23	0,272	1358,62	6986,61	384,08
4	11,5	5001,23	0,211	1053,87	6986,61	297,93
3	8,0	5001,23	0,147	734,37	6986,61	207,60
2	4,0	5001,23	0,080	405,33	6986,61	114,59
1	0,0	0,00	0,000	0,00	6986,61	0,00
Jumlah		57969,83		22242,55		6986,61

Tabel 3. Gaya per lantai arah Y

Tingkat	Tinggi (m)	Massa (kN)	Δi	$m_i * \Delta i$	Vb	Fi (kN)
Atap	43,0	2889,65	0,653	1886,54	6132,91	1081,45
12	39,5	5002,45	0,616	3079,22	6132,91	764,13
11	36,0	5001,23	0,575	2877,06	6132,91	713,96
10	32,5	5001,23	0,532	2660,89	6132,91	660,32
9	29,0	5001,23	0,486	2429,96	6132,91	603,01
8	25,5	5001,23	0,437	2184,27	6132,91	542,04
7	22,0	5001,23	0,385	1923,82	6132,91	477,41
6	18,5	5001,23	0,330	1648,60	6132,91	409,11
5	15,0	5001,23	0,272	1358,62	6132,91	337,15
4	11,5	5001,23	0,211	1053,87	6132,91	261,52
3	8,0	5001,23	0,147	734,37	6132,91	182,24
2	4,0	5001,23	0,080	405,33	6132,91	100,59
1	0,0	0,00	0,000	0,00	6132,91	0,00
Jumlah		57969,83		22242,55		6132,91

4.5. Pemodelan 3 Dimensi Struktur

Struktur dapat dimodelkan setelah dimensi-dimensi elemen yang akan dianalisis telah didapatkan pada bagian perhitungan *preliminary design* sebelumnya, baik itu untuk elemen pelat, balok, dan kolom (Gambar 6). Elemen struktur yang telah selesai dihitung atau telah didapatkan dimensinya, kemudian akan dimodelkan pada program *SAP2000* untuk kemudian selanjutnya dianalisis.



Gambar 6. 3D Model struktur hotel

4.6. Hasil Desain Elemen Struktur

1) Penulangan Pelat

Hasil penulangan pelat lantai berdasarkan momen rencana yaitu menggunakan tulangan D12-250 untuk arah X dan arah Y, penulangan ini seragam dari pelat lantai 2 hingga lantai atap (Tabel 5).

Tabel 5. Penulangan pelat lantai

Lantai	Tulangan X	Tulangan Y
2 - atap	D12-250	D12-250

2) Penulangan Balok

Penulangan balok pada struktur (Tabel 6) ditentukan sesuai dengan besar gaya yang terjadi pada per lantai struktur dan juga dengan mempertimbangkan kemudahan konstruksi. Untuk penulangan terbesar terdapat pada balok BI X 4 m pada lantai 3 dan lantai 4 dengan konfigurasi tulangan pada tumpuan menggunakan 9D25 dan pada bagian lapangan menggunakan tulangan 6D25, sedangkan konfigurasi tulangan geser menggunakan tulangan 2Ø13-80 pada daerah sendi plastis, dan 2Ø13-100 pada daerah luar sendi plastis.

Tabel 6. Penulangan balok

Lantai 1	Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI X 4 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI Y 5 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI Y 4 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
Lantai 2	Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI X 4 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI Y 5 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI Y 4 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
Lantai 3	Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan
BI X 4 m	Tumpuan (-)
	Tumpuan (+)
	Lapangan (-)
	Lapangan (+)
	Geser tumpuan
	Geser lapangan

Lanjutan Tabel 6. Penulangan balok

BI Y 5 m	Geser lapangan	4Ø13-100
	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	7D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	4Ø13-100
	Geser lapangan	4Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	8D25
	Tumpuan (+)	8D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-100
Lantai 4		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	Ø13-150
	Geser tumpuan	Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	9D25
	Tumpuan (+)	8D25
	Lapangan (-)	6D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-100
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	4Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	8D25
	Tumpuan (+)	7D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-100
Lantai 5		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	8D25
	Tumpuan (+)	8D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-100
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	4Ø13-120
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	8D25
	Tumpuan (+)	7D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-100

Lanjutan Tabel 6. Penulangan balok

BI X 8 m	Geser lapangan	4Ø13-100
	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	7D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	4Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-120
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	4Ø13-120
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	5D25
	Lapangan (+)	5D25
	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-100
Lantai 7		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-120
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	4Ø13-120
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	6D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-100
Lantai 8		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	7D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	4D25
	Geser lapangan	4D25

Lanjutan Tabel 6. Penulangan balok

BI Y 5 m	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	4Ø13-150
	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
BI Y 4 m	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-120
	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
Lantai 9		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	5D25
	Tumpuan (+)	5D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-120
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	5D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	5D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-150
Lantai 10		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	5D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-150

Lanjutan Tabel 6. Penulangan balok

	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	Ø13-120
Lantai 11		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	6D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	3Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	Ø13-120
Atap		Tulangan
BI X 8 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-100
	Geser lapangan	Ø13-150
BI X 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 5 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-100
	Geser lapangan	3Ø13-150
BI Y 4 m	Tumpuan (-)	4D25
	Tumpuan (+)	4D25
	Lapangan (-)	4D25
	Lapangan (+)	4D25
	Geser tumpuan	Ø13-80
	Geser lapangan	Ø13-120

3) Penulangan Kolom

Penulangan kolom dibuat menjadi dua jenis yaitu tipe kolom K1 pada lantai 1-6 yang menggunakan konfigurasi tulangan 28D25 dan kolom K2 pada lantai 7-12 menggunakan konfigurasi 24D25. Untuk *cross tie* pada daerah sendi plastis digunakan tulangan 2Ø16-100 dan untuk diluar daerah sendi plastis digunakan tulangan 2Ø16-150 (Tabel 7).

Tabel 7. Penulangan kolom

Lantai 1 - 6 (Kolom K1)	
Tulangan longitudinal	28D25
Tulangan geser (sendi plastis)	2Ø16-100
Tulangan geser (diluar sendi plastis)	2Ø16-150
Lantai 7 - Atap (Kolom K2)	
Tulangan longitudinal	24D25
Tulangan geser (sendi plastis)	2Ø16-100
Tulangan geser (diluar sendi plastis)	2Ø16-150

4) Penulangan *Joint*

Pada daerah hubungan balok kolom atau *joint*, konfigurasi tulangan yang digunakan sama dengan yang digunakan pada daerah sendi plastis kolom yaitu menggunakan *cross tie* dengan tulangan 2Ø16-100 (Tabel 8).

Tabel 8. Penulangan HBK/*joint*

Semua HBK	
Tulangan Geser (Sendi Plastis)	2Ø16-100

5. Hasil dan Pembahasan

Sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

- Analisis struktur hotel dengan jumlah lantai 12 didirikan di lokasi dengan jenis tanah berupa tanah lunak, dengan jenis struktur yang digunakan merupakan jenis Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sehingga beban lateral akan ditanggung oleh kolom dan balok struktur.
- Perhitungan beban gempa dengan menggunakan metode *Direct Displacement Based Design* menghasilkan beban geser dasar sebesar 6986,61 kN untuk arah X dan untuk arah Y beban geser dasar yang didapatkan sebesar 6132,91 kN, yang kemudian beban tersebut didistribusikan secara merata ketiap lantai struktur.
- Berikut hasil perhitungan dan perencanaan dari tiap elemen struktur yang telah dihitung pada bab sebelumnya.
 - Dimensi ketebalan pelat yang digunakan pada lantai 2 hingga 12 ialah 140 mm untuk lantai atap menggunakan ketebalan 100 mm, dan menggunakan tulangan D12-250 pada arah X dan Y pelat.
 - Dimensi balok yang digunakan untuk balok induk adalah 700 mm x 500 mm, dan 500 mm x 350 mm untuk balok anak. Konfigurasi tulangan lentur paling terbesar yang digunakan pada balok induk terdapat pada balok BI X 4 m pada lantai 3, dengan konfigurasi 9D25 pada tumpuan negatif dan tumpuan positif, serta 6D25 pada bagian lapangan balok. Untuk konfigurasi tulangan geser paling maksimum juga masih pada lokasi balok yang sama dengan menggunakan tulangan geser 4 kaki Ø13-80 pada daerah sendi plastis.
 - Dimensi kolom yang digunakan adalah 800 mm x 800 mm dan sama pada semua tingkatan struktur, namun menggunakan dua desain tulangan yang berbeda. Pada

lantai 1 hingga lantai 6 digunakan konfigurasi tulangan 28D25 dan pada lantai 7 hingga lantai 12 digunakan konfigurasi tulangan 24D25. Untuk tulangan transversal kolom pada daerah sendi plastis digunakan tulangan 4 kaki Ø16-100 dan untuk diluar daerah sendi plastis digunakan tulangan 4 kaki Ø16-150. Dengan konfigurasi tulangan sebelumnya juga telah dilakukan pemeriksaan syarat *strong column weak beam* untuk masing arah-arah X dan Y pada lokasi paling ekstrem yaitu pada lantai 2 struktur dan hasilnya telah memenuhi persyaratan.

Pada hubungan balok kolom tulangan transversal yang digunakan sama dengan yang digunakan pada daerah sendi plastis kolom, yaitu menggunakan tulangan 4 kaki Ø16-100. Pemeriksaan gaya-gaya geser yang terjadi pada HBK terhadap kuat nominal HBK juga telah memenuhi persyaratan, dimana lokasi titik pemeriksaan berada di *grid D.2* pada lantai 2 struktur.

Daftar Pustaka

- H. Adeswastoto, Z. Djauhari, and R. Suryanita. "Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan ASCE 41-13", *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 86, 2017.
- A. Jayady, M.H. Zulfiar, and N.R.J. Saputra. "Kerentanan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Gempa di Yogyakarta", *Karkasa*, vol. 4, no. 1, p. 5-12, 2018.
- D.I. Cahyani, E. Budiman, B. Haryanto, F.N. Abdi, and M. Widiastuti, "Analisis Pushover Untuk Performance Based Design Pada Struktur Beton Bertulang dengan Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus: Proyek Hotel Fox Harris Lite di Jln. S. Parman, Kota Samarinda, Kalimantan Timur)", *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, p. 30, 2022.
- A.S. Kartiko, I. Komara, and Yanisfa Septiarsilia, "Analisis Geometri Bangunan Terhadap Kinerja Seismik Menggunakan Direct Displacement Based Design Method", *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 73, 2021.
- R.P. Purba, *Kinerja Struktur Gedung Beraturan Dual System (Concrete Frame-RC Wall Structures) Menggunakan Metode Direct Displacement Based Design dan Capacity Spectrum Method*, Riau: Universitas Riau, 2016.
- SNI 2847:2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- SNI 1727:2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- SNI 1726:2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- I. Khaldun, R.A. Setiya, and B. Edy, "Evaluasi Kinerja Struktur Pada Hotel di Wilayah Karanganyar dengan

- Analisis Pushover Menggunakan Software ETABS, *e-Jurnal Matrik Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2014.
- [10] H. Istiono, and J. Propika, "Analisa Non-Linier Pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt", *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2017.
- [11] H. Istiono and AY Ramadhan, "Analisis Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: Non-Highrise Building)", *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 3, p. 218, 2020.
- [12] D. Cardone, M. Dolce, and G. Palermo, "Force-Based Vs. Direct Displacement-Based Design Of Buildings With Seismic Isolation". *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, vo. 5, p. 1, 2008.
- [13] H. Istiono and D.C. Putri, "Evaluasi Kinerja dan Kapasitas Struktur Castellated Beam Hotel Nukila Ternate & Analisis Pushover Mengacu SNI: 1729-2020", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 429, 2022.
- [14] S. Malekpour and F. Dashti, "Application of the Direct Displacement Based Design Methodology for Different Types of RC Structural Systems", *International Journal of Concrete Structure and Materials*, vol. 7, p. 135, 2013.
- [15] ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, California: Applied Technology Council, 1996.
- [16] ASCE 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers, 2010.

This page is intentionally left blank