



Perhitungan Dan Perencanaan Struktur Gedung Kantor BPBD Kabupaten Kampar

Beny Setiawan

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai

DOI: 10.31004/jutin.v6i1.15591

✉ Corresponding author:

[benysetiawan@unviersitaspahlawan.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Analisis, struktur, respons spektrum, SNI

Dinas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Kampar dibentuk berdasarkan Perda Kabupaten Kampar Nomor 7 Tahun 20210 Tentang Badan Penanggulangan Bencana Daerah. Dinas BPBD saat ini bertempat di Komplek Kantor Bupati Lama sejak tahun 2015, dan merencanakan untuk menambah lantai pada gedung kantor. Penambahan lantai (baru) bertujuan untuk ruang kantor dan ruang pertemuan, sedangkan lantai bawah (lama) tetap pada fungsi awalnya. Kondisi struktur gedung lama memiliki kolom struktur 30x40 cm² serta balok berukuran 25x30 cm² dengan mutu beton, mutu besi tulangan, ukuran dan jumlahnya juga tidak diketahui. Metode perencanaan untuk lantai baru ini menggunakan SNI 1726-2019 untuk tata cara perencanaan struktur, SNI 2052-2017 untuk standar baja tulangan dan SNI 1727-2020 standar pembebanan minimum pada gedung. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak analisis struktur yang umum digunakan sebagai alat bantu hitung perencanaan struktur. Hasil dari penelitian ini, struktur lama tidak dapat menopang lantai struktur baru sesuai dengan fungsi yang direncanakan, namun struktur lama dapat diperkuat dengan menambah baja tulangan baru dengan mutu (f_y) 400 MPa, sedang kan mutu beton (f'_c) perkuatan K-300 atau 25 MPa. Desain tulangan perkuatan untuk kolom menggunakan 12D20 dengan sengkang Ø10-150 dan desain tulangan balok 6D19 (atas) 4D19 (bawah) dengan sengkang Ø10-100 pada tumpuan 4D19 (atas), 6D19 (bawah) dengan sengkang Ø10-150 pada lapangan.

Abstract

Keywords:

Analysis,
Structure,
specroom response,
SNI

The Kampar Regency Regional Disaster Management Agency (BPBD) was formed based on Kampar Regency Regional Regulation No. 7 of 2010 concerning the Regional Disaster Management Agency. The BPBD Office is currently located in the Old Regent's Office Complex since 2015, and is planning to add another floor to the office building. The addition of the (new) floor is intended for office space and meeting rooms, while the (old) lower floor remains in its original function. The condition of the old building's structure has structural columns of 30x40 cm² and beams measuring 25x30 cm² with the quality of the concrete, the quality of the reinforcing steel, the size and quantity are also unknown. The planning method for this new floor uses SNI 1726-2019 for structural planning procedures, SNI 2052-2017 for steel reinforcement standards and SNI 1727-2020 for minimum loading standards on buildings. This study uses structural analysis software that is commonly used as a tool for calculating structural planning. The results of this study, the old structure cannot support the floor of the new structure in accordance with the planned function, but the old structure can be strengthened by adding new reinforcing steel with $f_y = 400$ MPa, while the quality of concrete (f'_c) K-300 reinforcement or 25 MPa. Reinforcement design for columns using 12D20 with stirrups $\varnothing 10-150$ and design for beam reinforcement 6D19 (top) 4D19 (bottom) with stirrups $\varnothing 10-100$ on abutments, 4D19 (top), 6D19 (bottom) with stirrups $\varnothing 10-150$ in the field.

PENDAHULUAN

Dinas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Kampar dibentuk berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Kampar Nomor 7 Tahun 2010 Tentang Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Kampar dan sebagai penjabaran dari Undang - Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.



Gambar 1. Lokasi Gedung BPBD

Dinas BPBD saat ini bertempat di Komplek Kantor Bupati Lama sejak tahun 2015. Saat ini gedung tersebut direncanakan untuk menambah jumlah lantai pada gedung kantor lama, namun terdapat beberapa kendala untuk perencanaan tersebut. Dokumen pemegang aset tidak lengkap seperti tidak adanya dokumen gambar teknik

(*shop drawing*) atau dokumen gambar sesuai pekerjaan (*as built drawing*), laporan serah terima akhir (FHO), bisa dikatakan dokumen terkait bangunan tersebut sama sekali tidak ada.



Gambar 2. Survei Kondisi Existing Gedung BPBD

Penambahan lantai atas (kedua) bertujuan untuk ruang kantor dan ruang pertemuan/*aula/hall*, sedangkan lantai bawah fungsi tidak jauh berbeda dari sebelumnya. Upaya untuk mewujudkan perencanaan tersebut tentunya dibutuhkan perencanaan detail struktur yang mampu menopang fungsi dari bangunan. Kekurangan data awal adalah salah satu tantangan tersendiri bagi penulis untuk dapat berperan dan memberikan kontribusi dalam perencanaan gedung tersebut.

Kondisi struktur gedung saat ini memiliki kolom struktur dengan ukuran 30 x 40 cm² dengan mutu beton tidak diketahui, ukuran, jumlah dan mutu tulangan struktur juga tidak diketahui. Struktur balok gedung juga tidak memiliki data yang sama, yang diketahui hanya ukuran balok 25 x 30 cm². Fondasi yang digunakan juga tidak diketahui, hasil inspeksi tanah tidak dapat dilacak.

Berdasarkan ulasan singkat di atas, maka penulis membubuhkan ide dan ilmu pada tulisan ini sebagai bentuk penelitian yang berkontribusi langsung dalam perhitungan dan perencanaan struktur bangunan gedung kantor BPBD Kabupaten Kampar.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, menurut Jaya (2020) penelitian kuantitatif akan menghasilkan temuan yang dapat dicapai dengan menggunakan beberapa prosedur statistik atau cara-cara lain dari pengukuran. Nurlan (2019) menjabarkan salah satu ciri – ciri penelitian kuantitatif adalah dari data yang dikumpulkan merupakan data dikuantitatifkan dengan menghitung atau mengukur.

Penelitian ini didahului dengan mengukur kondisi gedung saat ini dan merencanakan perubahan model dikarenakan akan ada penambahan lantai pada bangunan lama.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di ruang perencanaan CV. X yang merupakan salah satu konsultan perencanaan yang ikut merencanakan tata ruang dari perubahan model gedung. Pemilihan lokasi penelitian ini berdasarkan Sumber Daya Alat (SDA) yang disiapkan oleh CV. X demi terlaksananya penelitian ini.

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan terhitung dari perencanaan penelitian, pelaksanaan, sampai dengan pembuatan laporan penelitian. Penelitian ini di mulai pada bulan Agustus 2021 dan selesai pada bulan November 2021.

Subjek dan Data Penelitian

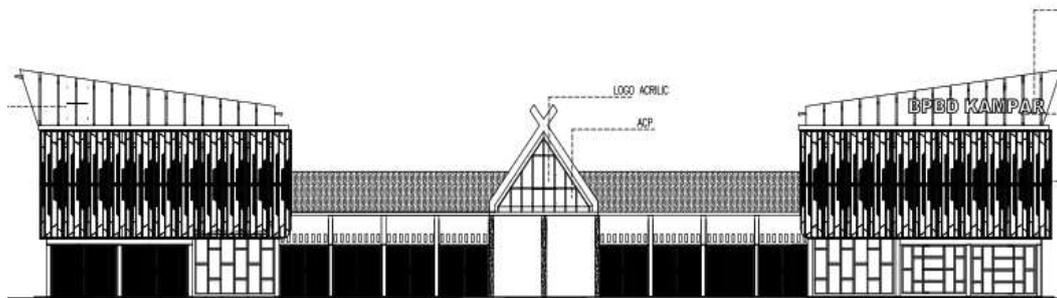
Subjek dari penelitian ini adalah gedung Dinas BPBD Kabupaten Kampar yang terletak pada Komplek Kantor Bupati Lama, sedangkan data penelitian ini terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang di dapat dari sumber pertama baik dari individu atau perseorangan dari hasil wawancara atau pengisian kuesioner yang biasa dilakukan oleh peneliti. Data primer penelitian ini diperoleh langsung dari wawancara dengan Pimpinan Dinas BPBD Kabupaten Kampar berupa kondisi bangunan dan lama bangunan difungsikan sebagai Dinas BPBD Kabupaten Kampar, berikutnya hasil ukuran bangunan dan data *hammer test* yang diambil langsung dari bangunan saat ini.

- m. Pastikan setiap elemen struktur tidak mengalami *over stressed* (*o/s*) untuk dapat melakukan tahapan berikutnya, jika ada struktur yang mengalami *o/s* perbesar penampang struktur tersebut dari penampang sebelumnya,
- n. Jika setiap elemen struktur dinilai kondisi normal (tidak ada yang *o/s*), mulai ke tahap desain penulangan pada balok struktur dan kontrol menggunakan SNI 1726-2019 dan SNI 2052-2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2017),
- o. Kemudian desain penulangan kolom struktur yang juga dikontrol menggunakan SNI 2052-2017,
- p. Desain penulangan pelat lantai dan tangga juga menggunakan standar SNI 2052-2017,
- q. Kesimpulan penelitian ditarik berdasarkan hasil pengecekan struktur setelah desain penulangan diterapkan pada pemodelan dan kembali dianalisis sesuai langkah ke 7, 8, 9, dan langkah12, pastikan struktur tidak mengalami *o/s*,
- r. Selesai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Gedung dan Data Struktur

Desain gedung direncanakan sesuai dengan kebutuhan dan penambahan lantai sesuai dengan fungsinya, yang mana gedung awal hanya memiliki 1 lantai saja. Penambahan lantai difungsikan untuk mengadakan ruang pertemuan atau aula pada bagian sayap kiri dan juga ruang kantor pada sayap sebelah kanan.



Gambar 4. Desain Gedung BPBD

Sumber: Dokumen Perencanaan

Gambar di atas merupakan hasil perencanaan oleh tim arsitektur CV. X yang diserahkan kepada penulis untuk dapat dihitung dan direncanakan penulangan strukturnya. Data struktur yang diperoleh dari beberapa kali uji coba adalah sebagai berikut:

1. Data Beton
 - a. Mutu beton (f_c') : K-300 = 25 MPa
 - b. Modulus elastisitas : $4700 \sqrt{f_c'} = 23.500$ MPa
 - c. Berat jenis beton : 2.400 kg/m^3
2. Data Tulangan
 - a. Besi tulangan polos (BjTP 24)
 - 1) Gaya tekan (f_y) : 235 MPa
 - 2) Gaya tarik (f_u) : 380 MPa
 - 3) Modulus elastisitas : 200.000 MPa
 - 4) Berat jenis : 7.850 kg/m^3
 - b. Besi tulangan ulir (BjTS 40)
 - 1) Gaya tekan (f_y) : 390 MPa
 - 2) Gaya tarik (f_u) : 560 MPa
 - 3) Modulus elastisitas : 200.000 MPa
 - 4) Berat jenis : 7.850 kg/m^3
3. Dimensi Kolom
 - a. Kolom struktur (K-1) : $50 \times 50 \text{ cm}^2$
4. Dimensi Balok
 - a. Balok struktur (B-1) : $35 \times 40 \text{ cm}^2$
 - b. Balok anak (B-2) : $15 \times 20 \text{ cm}^2$

Analisis Struktur

1. Identifikasi Jenis Beban pada Struktur

Pembebanan pada perencanaan ini mendefinisikan 3 jenis beban, yaitu beban mati, beban hidup dan beban spektrum (gempa):

a. Beban mati (*dead load*)

Beban yang terdiri dari berat sendiri material struktur seperti berat pelat lantai, berat balok dan kolom. Selain berat sendiri tersebut terdapat berat mati tambahan (*super dead load*) yang terdiri dari berat material terpasang, adapun berat mati tambahan pada perencanaan gedung BPBD ini adalah sebagai berikut:

1) Berat mati tambahan (SDL) pelat lantai atap:

- Berat *water proofing* = 0,28 kN/m²
 - Berat plafond gypsum + rangka = 0,20 kN/m²
 - Berat ME (*mechanical electrical*) = 0,25 kN/m² +
- Total SDL lantai atap = 0,73 kN/m²**

2) SDL pelat lantai kerja (lantai 2):

- Berat campuran setebal ±3 cm = 0,66 kN/m²
 - Berat keramik setebal ±1 cm = 0,24 kN/m²
 - Berat plafond gypsum + rangka = 0,20 kN/m²
 - Berat ME = 0,25 kN/m² +
- Total SDL lantai 2 = 1,35 kN/m²**

3) SDL pada balok:

- Berat dinding bata merah tinggi ±4,2 m = 10,50 kN/m²
- Berat dinding parapet, tinggi ±1 m = 2,5 kN/m²

b. Beban hidup (*live load*)

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi. Beban hidup ini berpengaruh kepada fungsi gedung. Berikut beban hidup yang akan diaplikasikan pada gedung:

1) Beban hidup pada pelat lantai atap:

- Berat orang dan peralatan = 1,00 kN/m²

2) Beban hidup pelat lantai dua yang difungsikan sebagai ruang pertemuan atau aula pada sayap kiri dan ruang kantor pada sayap kanan:

- Berat orang dan peralatan = 4,79 kN/m²

c. Beban spektrum

Beban spektrum akan dianalisis pada tahap berikutnya berdasarkan hasil dari Desain Spektral Indonesia pada bab 2 (gambar 3).

2. Analisis Beban Spektrum

a. Penetapan kategori risiko bangunan

Kategori risiko bangunan berdasarkan fungsi bangunan yaitu lantai tambahan sebagai gedung pertemuan dan kantor, kemudian dicocokkan dengan tabel 1, maka kategori risiko bangunan ini masuk ke dalam tipe III.

b. Faktor keutamaan gempa

Faktor keutamaan gempa diperoleh berdasarkan tipe kategori risiko bangunan yang ditinjau menggunakan tabel 2, maka bangunan ini memiliki nilai faktor keutamaan gempa (*I_e*) 1,25.

c. Parameter percepatan tanah

Berdasarkan gambar 3, dihasilkan nilai parameter percepatan tanah untuk tanah sedang adalah $S_S = 0,536$ dan $S_1 = 0,3656$.

d. Faktor koefisien situs

Ditinjau dari tabel 3 dan 4 serta berdasarkan nilai S_S dan S_1 sesuai dengan kelas situs lokasi gedung, maka didapat nilai

$F_a = 1,3712$ (hasil interpolasi) dan nilai $F_v = 1,9344$ (hasil interpolasi). Kemudian gunakan persamaan 2 sehingga diperoleh nilai $S_{MS} = 0,7350$, gunakan persamaan 3 sehingga diperoleh nilai $S_{M1} = 0,7072$.

e. Parameter percepatan desain

Gunakan persamaan 4 sehingga diperoleh nilai $S_{DS} = 0,49$, persamaan 5 digunakan untuk memperoleh nilai $S_{D1} = 0,4715$.

f. Sistem dan parameter struktur penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal yang digunakan berdasarkan nilai $S_{DS} = 0,49$ dan $S_{D1} = 0,4715$ adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK) dengan tingkat risiko gempa menengah (C), sehingga berdasarkan tabel 12 SNI 1726 – 2019 diperoleh koefisien modifikasi respons (R) = 8, faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3, koefisien amplifikasi defleksi (C_d) = 5,5.

g. Penentuan periode fundamental pendekatan

Tetapkan nilai C_u menggunakan nilai S_{D1} dan tabel 7, tetapkan nilai C_t dan h_n^x menggunakan tabel 8 sesuai dengan rangka beton pemikul momen. Diperoleh periode fundamental struktur (T) = 0,448 detik.

3. Analisis Data Awal

A. Kontrol jumlah ragam

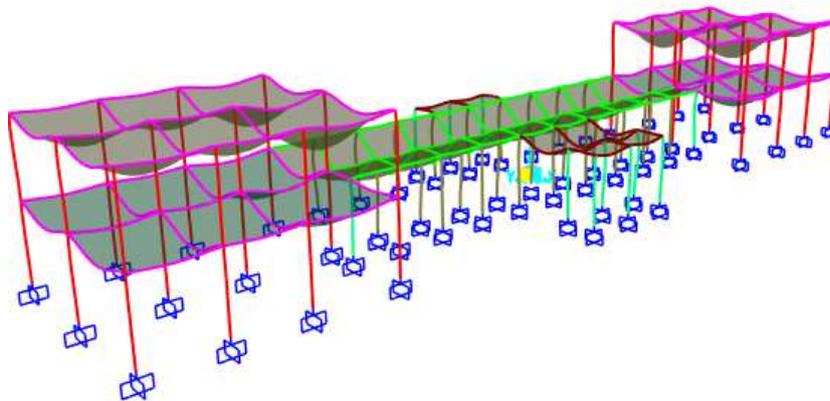
SNI 1726 : 2019 menyebutkan bahwa analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model struktur. Berikut hasil analisis jumlah ragam dari model struktur:

Tabel 1. Hasil Analisis Jumlah Ragam Model Struktur (terlampir)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,672122	0	0,91881	5,489E-19	0	0,91881	5,49E-19	0,04391	2,479E-19	0	0,04391	2,479E-19	0
MODAL	Mode	2	0,636296	0,92921	0	7,574E-19	0,92921	0,91881	1,31E-18	7,703E-19	0,00695	0	0,04391	0,00695	0
MODAL	Mode	3	0,548496	0	0	2,559E-19	0,92921	0,91881	1,56E-18	2,728E-19	1,682E-20	0,92055	0,04391	0,00695	0,92055
MODAL	Mode	4	0,211802	1,197E-19	0,08076	4,587E-18	0,92921	0,99957	6,15E-18	0,31556	5,34E-16	2,208E-20	0,35947	0,00695	0,92055
MODAL	Mode	5	0,206076	0,06996	4,907E-20	1,6E-16	0,99917	0,99957	1,66E-16	2,122E-15	0,05465	1,705E-19	0,35947	0,0616	0,92055
MODAL	Mode	6	0,174743	5,173E-19	1,067E-19	1,372E-16	0,99917	0,99957	3,03E-16	7,779E-15	6,359E-16	0,07885	0,35947	0,0616	0,9994
MODAL	Mode	7	0,160803	1,848E-18	4,729E-19	0,12381	0,99917	0,99957	0,12381	1,516E-13	4,561E-15	4,499E-19	0,35947	0,0616	0,9994
MODAL	Mode	8	0,160387	0,00024	1,637E-17	6,37E-15	0,99941	0,99957	0,12381	2,414E-13	0,13567	0	0,35947	0,19727	0,9994
MODAL	Mode	9	0,155708	4,051E-18	0	0,02247	0,99941	0,99957	0,14628	1,672E-15	6,514E-15	2,565E-18	0,35947	0,19727	0,9994
MODAL	Mode	10	0,148198	1,416E-18	0	0,50959	0,99941	0,99957	0,65587	2,396E-15	4,558E-16	7,884E-18	0,35947	0,19727	0,9994
MODAL	Mode	11	0,147196	0,0008055	1,224E-18	1,931E-17	0,99949	0,99957	0,65587	4,164E-16	0,39312	1,863E-18	0,35947	0,59039	0,9994
MODAL	Mode	12	0,142124	4,115E-19	3,297E-20	0,0003	0,99949	0,99957	0,65617	2,874E-17	2,053E-16	3,976E-20	0,35947	0,59039	0,9994

Syarat : Partisipasi massa harus > 90 %OKOK

Pada tabel di atas terlihat bahwa jumlah partisipasi massa pada mode ke 12 telah mencapai 99%.



Gambar 3. Model Struktur Setelah Analisis Jumlah Ragam

B. Kontrol perbandingan geser dasar statis dan dinamis

SNI 1726 : 2019 pasal 7.9.1.4.1 menjelaskan apabila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka periode struktur T harus diambil sebesar $C_u T_a$. Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_i) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statistik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_i dimana V adalah gaya geser dasar statik

ekuivalen yang dihitung sesuai dengan pasal ini dan 7.8 dan V_t adalah gaya geser yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam. Berikut perbandingan geser dasar statis dan dinamis berdasarkan model struktur:

Tabel 2. Base Reaction

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
EQsx	LinStatic		-517,951	5,381E-11	5,857E-12	-5,925E-10	-3157,1667	160,7294
EQsy	LinStatic		8,716E-11	-517,951	-3,782E-12	3157,1667	1,204E-09	-246,2155
EQdx	LinRespSpec	Max	517,961	0,015	0,226	0,2975	3187,1914	451,5171
EQdy	LinRespSpec	Max	0,015	517,951	8,582	3151,9576	14,8455	1,7293

Berdasarkan tabel di atas diperoleh geser dasar dinamis arah x sebesar 517,96 kN dan statis 517,95 kN, arah x memiliki faktor skala 0,99 yang saat dikontrol sudah sesuai dengan ketentuan. Untuk arah y geser dasar dinamis sebesar 517,95 kN dan statis 517,95 kN, dengan faktor skala 1,00 yang saat dikontrol juga sudah sesuai dengan ketentuan (terlampir).

C. Kontrol simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai (Δ) sebagai mana diatur oleh SNI 1726:2019 tidak boleh melebihi simpang antar lantai izin (Δ_a) yang dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3. Simpangan Antar Tingkat Izin

STRUKTUR	KATEGORI		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding exterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{xx}^c$	$0,02h_{xx}$	$0,015h_{xx}$
Struktur dinding geser kantiliver batu bata ^d	$0,01h_{xx}$	$0,01h_{xx}$	$0,01h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{xx}$	$0,007h_{xx}$	$0,007h_{xx}$
Semua struktur lainnya	$0,02h_{xx}$	$0,015h_{xx}$	$0,01h_{xx}$

Sumber: SNI 1726 : 2019

Berdasarkan kategori risiko struktur, maka nilai Δ_a untuk kontrol ini adalah $0,020h_{xx}$. Sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 simpangan antar lantai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \cdot Cd}{I_e} < \Delta_a \dots\dots\dots \text{(Pers. 8)}$$

Berikut hasil analisis untuk simpangan antar lantai diwakilkan oleh 3 titik tinjauan:

Tabel 4.. Joint Reaction

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
164	EQdx	LinRespSpec	Max	3,261251	0,180006	0,01695	0,000058	0,001033	0,000006452
164	EQdy	LinRespSpec	Max	8,573E-09	4,281665	0,010594	0,001441	0,000003577	3,792E-13
212	EQdx	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
212	EQdy	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
297	EQdx	LinRespSpec	Max	8,177275	0,466598	0,024782	0,000057	0,000939	0,000017
297	EQdy	LinRespSpec	Max	1,567E-08	11,089636	0,015678	0,001397	0,000003436	6,852E-13

Tabel 1. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah x

Lantai	H_{sx} (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (izin) (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta a$
Atap	4300,00	8,1773	21,6305	86,00	Ok
Lt.2	4200,00	3,2613	14,3495	84,00	Ok
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabel 6. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah y

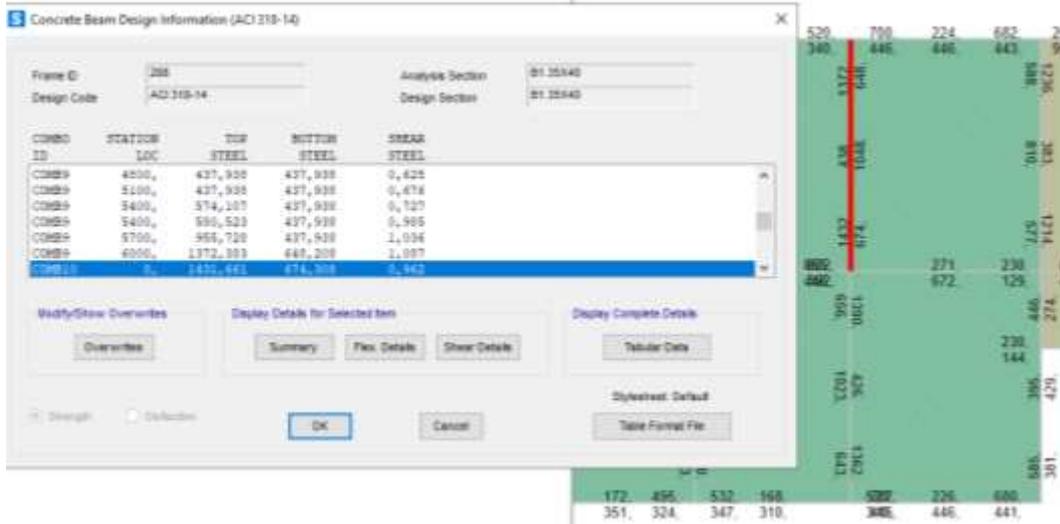
Lantai	H_{sx} (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (izin) (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta a$
Atap	4300,00	11,0896	29,9551	86,00	Ok
Lt.2	4200,00	4,2817	18,8393	84,00	Ok
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Berdasarkan hasil analisis di atas, struktur yang direncanakan sudah lulus dalam kontrol jumlah ragam, geser dasar secara statis dan dinamis dan juga kontrol simpangan antar lantai. Setelah tiga kontrol ini terpenuhi, maka dapat dilanjutkan ke tahap desain penulangan struktur.

4. Desain Penulangan

A. Desain penulangan balok

Sesuai dengan hasil analisa SAP2000, luas penampang tulangan lentur (A_s) maksimal yang dibutuhkan pada bentang balok frame 288 dengan distribusi A_s sebagai berikut:



Gambar 4. Detail Luas Penampang Penulangan Maksimal Balok

Gambar di atas menginformasikan luas penampang (A_s) atas bagian tumpuan 1.432 mm^2 , A_s bawah 674 mm^2 . A_s atas bagian lapangan 438 mm^2 , A_s bawah 1.048 mm^2 . Berdasarkan hasil penulangan tersebut dilakukan analisis desain penulangan sebagai berikut:

Tabel 2. Data Balok Struktur Rencana

Data Struktur	
Panjang bentang (L)	6.000,00 mm
Bentang bersih balok (L_n)	5.500,00 mm
Lebar balok (b)	350,00 mm
Tinggi balok (h)	400,00 mm
Tinggi efektif balok (d)	360,00 mm
Panjang kolom tegak lurus balok (c_1)	500,00 mm
Lebar kolom yang ditempel balok (c_2)	500,00 mm
Tebal selimut beton	40,00 mm
Kuat tekan beton (f'_c)	25,00 MPa
Kuat leleh baja tulangan utama (f_y)	390,00 MPa
Gaya axial (PU) balok	7,19 kN

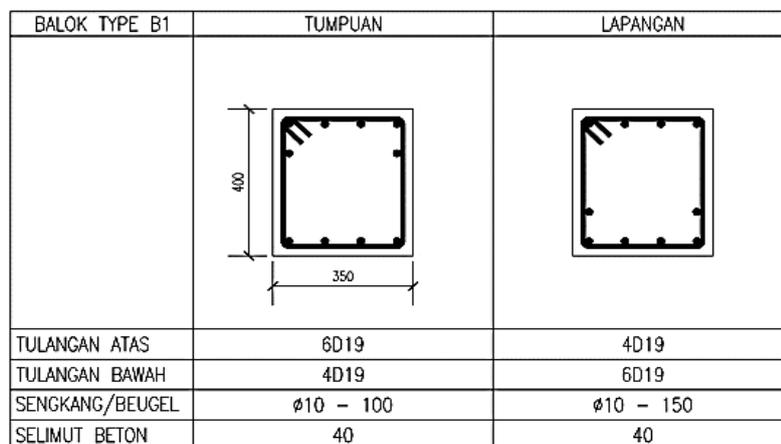
Tabel 8. Kontrol Penulangan Lentur Balok

Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Jarak Bersih Antar Tulangan mm	Jarak Bersih >= db dan 25 mm?	Syarat As Terpasang >= As min	Syarat As Terpasang >= As Perlu	Syarat Gaya dan Geometri				Dipasang		
													Syarat Gaya Aksial SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.1	Syarat Tinggi Elektrik SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar 1 SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar 2 SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1			
Tumpuan	Atas	1432	403,8461538	452,3076923	19	283,528737	6	1701,172	27	YA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	6	D	19
	Bawah	674	403,8461538	452,3076923	19	283,528737	4	1134,115	58	YA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	4	D	19
Lapangan	Atas	438	403,8461538	452,3076923	19	283,528737	4	1134,115	58	YA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	4	D	19
	Bawah	1048	403,8461538	452,3076923	19	283,528737	6	1701,172	27	YA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	6	D	19

Tabel 9. Kontrol Penulangan Geser Balok

Daerah	Av / Sperlu mm ² / mm	Ø mm	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Spasi Max 3 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Dipasang	
Tumpuan	0,962	10	157,08	163,3	100	114	150	Pakai S Max	100,000	D	10 - 100
Lapangan	0,439	10	157,08	357,8	150			Pakai S Max	150,000	D	10 - 150

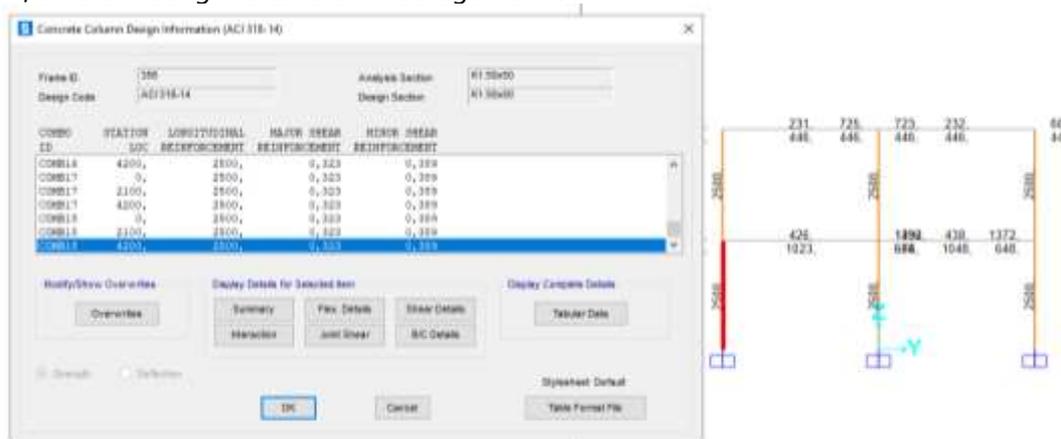
Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwasanya desain penulangan untuk balok dapat diterima dan mampu menerima beban yang bekerja, berikut hasil akhir dari penulangan yang akan digunakan pada gedung yang direncanakan:



Gambar 5. Detail Balok B1

B. Desain Penulangan Kolom

Sesuai dengan hasil analisa SAP2000, luas penampang tulangan lentur (As) maksimal yang dibutuhkan pada bentang balok *frame* 356 dengan distribusi As sebagai berikut:



Gambar 6. Detail Luas Penampang Penulangan Maksimal Kolom

Gambar di atas menginformasikan As penulangan utama Kolom adalah 2500 mm². Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dianalisis desain penulangan sebagai berikut:

Tabel 10. Data Kolom Struktur

Data Struktur	
Tinggi kolom (<i>L</i>)	4.200,00 mm
Sisi lebar kolom (<i>b</i>)	500,00 mm
Sisi panjang kolom (<i>h</i>)	500,00 mm
Tebal selimut beton	40,00 mm
Kuat tekan beton (<i>f^c</i>)	25,00 MPa
Kuat leleh baja tulangan utama (<i>f_y</i>)	390,00 MPa
Gaya axial (<i>PU</i>) kolom	709,20 kN

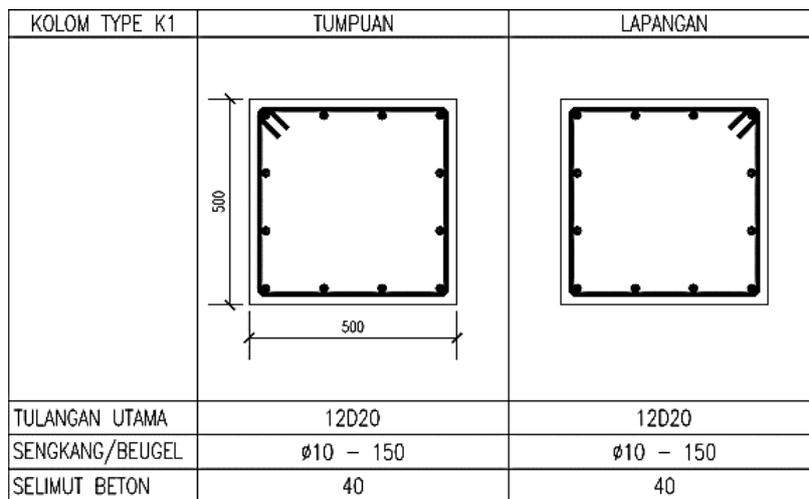
Tabel 11. Kontrol Penulangan Utama Kolom

As perlu mm ²	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang >= As perlu	Dipasang	Syarat Gaya dan Geometri			Cek Rasio Tulangan	
							Syarat Gaya Aksial SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1	Syarat Sisi Terpendek SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1	Syarat Rasio Dimensi Penampang SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1	Cek ρ min & ρ max SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1	
2500	20	314,16	12	3770	OK	12 D 20	OK	OK	OK	1,51%	OK

Tabel 12. Kontrol Penulangan Geser Blok

Av / Sperlu mm ² / mm	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Dipasang			
0,354	10	3	235,62	665,6	0	150	Pakai S Max	150	D	10	-	150

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwasanya desain penulangan untuk kolom dapat diterima dan mampu menerima beban yang bekerja, berikut hasil akhir dari penulangan yang akan digunakan pada gedung yang direncanakan:



Gambar 7. Detail Penulangan Kolom

C. Desain Penulangan Pelat Lantai

Sesuai dengan hasil analisa SAP2000, Momen *Ultimate* pada pelat dengan PU tertinggi adalah sebagai berikut:

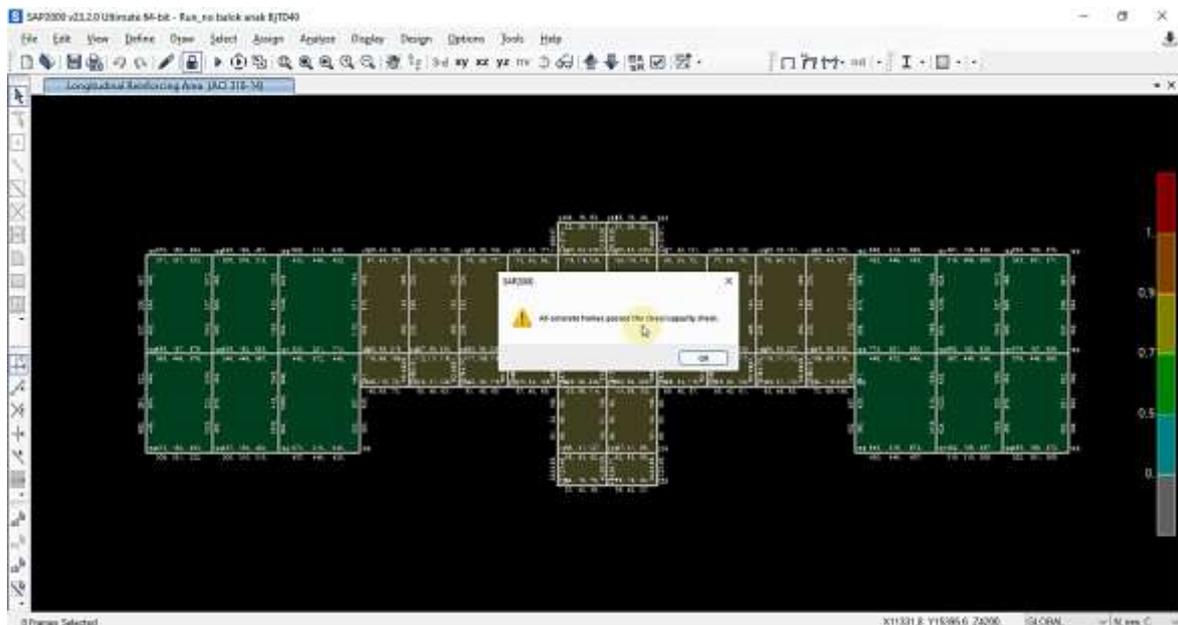
Tabel13. Kontrol Kapasitas Penulangan Pelat Lantai

Tebal Pelat (mm)	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Luas mm ²	Mutu Beton f'c	Mutu Baja fy	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	a mm	Cek Kapasitas	Di Pasang
150	Tulangan Arah X	Tumpuan	10,99	10	100	785,398	25	390	130	33,8509	14,4144	OK	P 10 - 100
		Lapangan	6,06	10	150	523,599	25	390	130	23,0088	9,60958	OK	P 10 - 150
150	Tulangan Arah Y	Tumpuan	13,75	10	100	785,398	25	390	130	33,8509	14,4144	OK	P 10 - 100
		Lapangan	9,06	10	150	523,599	25	390	130	23,0088	9,60958	OK	P 10 - 150

Tabel di atas memberikan informasi bahwasanya penulangan pelat lantai direncanakan sudah sesuai dengan kontrol yang diizinkan oleh SNI 1726:2019, penulangan yang digunakan adalah penulangan Ø10 untuk lapisan arah x dan arah y.

D. Kontrol Desain Penulangan

Setelah desain tulangan tersebut diaplikasikan ke model struktur, didapatkan hasil struktur yang dinaikkan ke lantai dua, sesuai dengan karakteristik, dimensi di atas. Konstruksi mampu memikul semua beban dan momen yang dihasilkan. Struktur tidak mengalami *Over Stressed*, berikut tampilan dari hasil analisis struktur berdasarkan desain tulangan yang dimaksud. Berikut hasil dari hasil analisa penulangan:



Gambar 7. Hasil Structure Check Penulangan Rencana

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini, struktur lama tidak dapat menopang lantai struktur baru sesuai dengan fungsi yang direncanakan, namun struktur lama dapat diperkuat dengan menambah baja tulangan baru dengan mutu (*fy*) 400 MPa, sedang kan mutu beton (*f'c*) perkuatan K-300 atau 25 MPa. Desain tulangan perkuatan untuk kolom menggunakan 12D20 dengan sengkang Ø10-150 dan desain tulangan balok 6D19 (atas) 4D19 (bawah) dengan sengkang Ø10-100 pada tumpuan 4D19 (atas), 6D19 (bawah) dengan sengkang Ø10-150 pada lapangan.

SARAN

1. Untuk melakukan pengujian buat struktur beton bangunan lama hendaknya menggunakan pengujian crusher dilabortarium.
2. Untuk dinas setelah perencanaan selesai untuk dapat menyimpan semua dokumen perencanaan dengan baik dan benar.

REFERENCES

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 2052-2017: Baja Tulangan Beton*. Jakarta. Diambil dari <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/7149>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta. Diambil dari <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/8725>
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta. Diambil dari <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/8018>
- Jaya, I. M. L. M. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. Yogyakarta: Anak Hebat Indonesia.
- Nurlan, F. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Parepare: CV. Pilar Nusantara.