

**REDESAIN GEDUNG JPTK FKIP UNS MENGGUNAKAN ANALISIS PROGRAM SAP 2000
SEBAGAI IMPLEMENTASI MATA KULIAH TEKNIK GEMPA (Agregat Kasar
Menggunakan Terak Presentase 60%)**

*Ratna Angraeni¹, Ida Nugroho Saputro², S.T., M.Eng, Aryanti Nurhidayati ST., M. Eng³
Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Sebelas Maret*

Phone: 085702211213; Email: vx_7@ymail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Merancang kembali Gedung PTK menggunakan Analisis program komputer SAP2000, dan (2) Mengetahui Apakah Beton terak dengan prosentase penggantian terak 60% terhadap agregat kasar dengan berat jenis 2454 kg/m^3 dan $f_c' 20 \text{ MPa}$ dapat digunakan pada perencanaan bangunan tahan gempa.

Dalam perencanaan ini, analisa dan perhitungannya mengacu pada SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 untuk perhitungan gempanya, sedangkan software yang digunakan adalah SAP 2000v14. Sistem struktur yang digunakan adalah sistem *Open Frame*, bangunan dirancang berdiri pada wilayah gempa 3 dan diasumsikan berada diatas tanah keras, menurut SNI 03-1726-2002. Analisa yang dilakukan adalah statik ekuivalen, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban statik yang menangkap pada pusat massa.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ReDesain Gedung PTK didapatkan dimensi kolom $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ dengan 21 baja tulangan yang berdiameter 29 mm pada setiap titik kolom untuk tulangan longitudinal dan baja tulangan berdiameter 12 mm pada setiap jarak 80 mm untuk tulangan gesernya, dan dimensi balok $40 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ dengan 8 baja tulangan untuk tulangan longitudinal tumpuan dan 6 baja tulangan untuk tulangan longitudinal lapangan, dengan tulangan geser pada setiap jarak 100 mm. Hal ini membuat perilaku struktur lebih kuat untuk menahan gaya gempa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton terak dapat digunakan untuk merancang bangunan tahan gempa dengan ReDesain gedung PTK FKIP UNS dilihat dari berat jenisnya karena memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2002.

Kata Kunci: gempa, beton terak, beton bertulang, open frame, SAP 2000

¹Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, Universitas Sebelas Maret

^{2,3}Dosen Pendidikan Teknik Kejuruan, Universitas Sebelas

**REDESIGN OF BUILDING JPTK FKIP UNS USING PROGRAM ANALYSIS SAP2000 AS
IMPLEMENTATION OF COURSE EARTHQUAKE ENGINEERING (Using Coarse
Aggregate Slag Percentage 60%)**

*Ratna Angraeni¹, Ida Nugroho Saputro, S.T., M.Eng², Aryanti Nurhidayati ST., M. Eng³
Technical Education Building of March University*

Phone: 085702211213; Email: vx_7@ymail.com

ABSTRACT

This study aims to (1) Redesign the PTK building using SAP2000 computer program analysis, and (2) Knowing Is slag concrete with 60% slag replacement percentage of the coarse aggregate with a specific gravity of 2454 kg/m³ and f_c of 20 MPa can be used in planning earthquake resistant buildings.

In this planning, analysis and calculations refer to SNI 03-2847-2002 and SNI 03-1726-2002 for the calculation of the earthquake, while the software used is SAP 2000v14. The system structure is a system used Open Frame, designed the building stands on the quake zone 3 and is assumed to be above the ground hard, according to SNI 03-1726-2002. Analysis performed is static equivalent, where the influence of the earthquake on the structure of the building plan is considered as a static load on the center of mass of the captures.

The results of this study indicate that PTK Building Redesign obtained column dimensions of 60 cm x 60 cm with 21 steel reinforcement diameter 29 mm at any point for the column longitudinal reinforcement and steel bars of 12 mm diameter at a distance of 80 mm for each shear reinforcement, and the dimensions of the beam 40 cm x 60 cm with 8 longitudinal reinforcement steel bars for reinforcing steel pedestal and 6 for the longitudinal reinforcement field, the shear reinforcement at every distance of 100 mm. This makes the behavior stronger structure to withstand earthquake forces. It can be concluded that slag concrete can be used to design earthquake resistant buildings by redesigning building FKIP UNS PTK because the calculation results meet the requirements according to ISO 1726-03-2002.

Keywords: earthquake, slag concrete, reinforced concrete, open-frame, SAP 2000

¹Vocational Technical Education, Sebelas Maret University

^{2,3}Lecture Vocational Technical Education, Sebelas Maret University

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi karena pergerakan (bergesernya) lapisan batu bumi yang berasal dari dasar permukaan bumi. Gempa bumi mengakibatkan banyak kerusakan harta benda bahkan sampai menghilangkan jiwa manusia. (pinterdw.blogspot.com)

Gempa bumi banyak terjadi di beberapa negara salah satunya adalah negara Indonesia, sehingga para perencana harus memberi perhatian yang serius agar konstruksi bangunan yang dibuat dapat tahan terhadap beban gempa. Menurut SNI 03-1726-2002, peta gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa.

Dampak gempa berkekuatan besar banyak menyebabkan runtuhnya bangunan disekitar pusat gempa. Kerusakan yang terjadi pada bangunan akibat gempa tidak dapat dihindari karena banyak bangunan yang belum dirancang dengan memperhitungkan beban gempa. Perhitungan struktur untuk beban gempa lebih sulit dibandingkan dengan perhitungan biasa jika dilakukan secara manual. Sehingga untuk mempermudah perhitungan dan analisis struktur telah diciptakan berbagai program komputer yang dapat digunakan sebagai sarana dalam perancangan bangunan tahan gempa yaitu program komputer rekayasa. Namun pada kenyataannya program komputer rekayasa ini masih belum digunakan secara maksimal bahkan ada juga yang masih asing dengan program tersebut.

Program SAP2000 merupakan salah satu program komputer untuk keperluan analisis dan desain struktur yang sudah cukup populer dan banyak digunakan dalam beberapa pekerjaan dan proyek baik skala kecil-besar maupun nasional-internasional. Program SAP2000 adalah program analisa struktur yang didasarkan dari metode elemen, dalam hal tersebut struktur balok atau kolom diidealisasikan sebagai elemen FRAME, sehingga dapat digunakan untuk perancangan bangunan.

Perancangan struktur bangunan pada umumnya menggunakan beton sebagai materialnya. Beton dipilih sebagai material karena beton mempunyai keawetan yang lebih bila dibandingkan dengan kayu. Perilaku beton juga lebih mudah diprediksi karena mutu beton lebih seragam dan perhitungan beton sebagai

bahan bangunan tahan gempa sudah lebih detail bila dibandingkan dengan kayu. Selain itu beton sebagai bahan material juga memiliki beberapa kelebihan antara lain: beton mudah dibentuk sesuai, mampu memikul beban berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan kecil. Melihat perkembangan IPTEK, banyak dikembangkan alternatif penggantian bahan dasar beton salah satunya adalah penggantian terak sebagai agregat kasar yang memenuhi syarat seperti beton normal biasa. Namun pada kenyataannya, beton terak ini masih belum dimanfaatkan dalam perencanaan suatu bangunan tahan gempa. Oleh sebab itu penulis mencoba untuk merancang kembali gedung PTK dengan menggunakan beton terak.

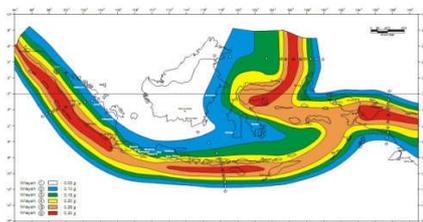
Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk merancang bangunan tahan gempa menggunakan beton terak dengan redesain Gedung JPTK FKIP UNS dan mengetahui apakah beton terak dengan prosentase penggantian terak 60% terhadap agregat kasar dengan berat jenis 2454 kg/m³ dan $f_c' 20$ MPa dapat digunakan pada perencanaan bangunan tahan gempa

KAJIAN TEORI

2.1 Gempa

Menurut Cosmas Wibisono dan Hendro Lie (2008) gempa bumi adalah getaran yang terjadi dipermukaan bumi. Gempa bumi biasanya disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Prinsip dasar terjadinya gempa bumi ialah kondisi bila di sebagian kerak bumi dimana terdapat retakan berupa sesar/patahan, apabila mendapat tekanan terjadi penimbunan energi sepanjang bidang sesar. Setelah energi tersebut tertimbun relatif lama, akumulasi energi cukup kuat untuk menggeser bidang sesar, menghasilkan pusat gempa. Energi terlepas secara cepat sebagai gelombang gempa yang menjalar ke segala arah. Indonesia terletak antara 6° LU dan 11° LS serta 95° BT dan 141° BT, dimana pada letak geografis ini, Indonesia berada di atas benturan tiga lempeng bumi, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng India Australia. Ditinjau secara geologis, kepulauan Indonesia berada pada pertemuan 2 jalur gempa utama (yaitu Jalur Sirkum Pasifik dan Jalur Trans Asia)

sehingga kepulauan Indonesia mempunyai aktivitas gempa bumi cukup tinggi (PUSLITBANG, 2004).



Gambar 2.1 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Periode Berulang 500 Tahun (SNI 03-1726-2002)

2.2 Beton

“Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*)” (Mulyono, 2004: 3).

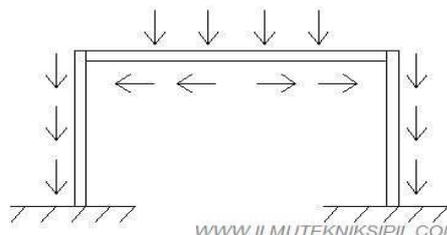
Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive* (Tjokrodinuljo, 2004).

Dari pengertian para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa pengertian beton adalah hasil pengerasan yang terdiri dari bahan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen portland, air dan kadang diberi bahan tambah (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton.

2.3 Struktur Open Frame

Pada struktur portal terbuka (*open frame*), dinding pengisi sering digunakan sebagai partisi pemisah dibagian dalam atau penutup luar bangunan pada struktur portal beton bertulang maupun struktur portal baja, khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang. Dinding pengisi tersebut dipasang apabila struktur utama selesai dikerjakan, jadi pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan *finishing* bangunan. Oleh sebab itu, dalam perencanaannya dianggap sebagai komponen non-struktur, bahkan keberadaannya tidak menjadi permasalahan dalam pemodelan struktur asalkan intensitas beban yang timbul sudah diantisipasi terlebih dahulu (misal, dianggap sebagai beban merata).

Meskipun dikategorikan sebagai komponen non-struktur tetapi dinding mempunyai kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban horizontal (akibat gempa) yang besar.



Gambar 2.2 Struktur Portal Terbuka (*Open Frame*)

2.4 Analisa Beban Gempa Statik Ekuivalen

Pada penelitian ini, telah dikemukakan bahwa analisa beban gempa yang dipakai adalah analisa statik dengan metode analisa Statik Ekuivalen 3 dimensi. Dimana koefisien gempa rencana diambil untuk gempa periode ulang 500 tahun (PKGUBG SNI 03-1726-2002 ps 3.9) , gempa wilayah 3, dan struktur berada di atas tanah keras. Kombinasi arah pembebanan gempa pada struktur didasarkan pada PKGUBG SNI 03-1726- 2002 ps 5.8 yaitu sebagai berikut :

- Gravitasi $\pm 100\%$ gempa arah X $\pm 30\%$ gempa arah Y
- Gravitasi $\pm 30\%$ gempa arah X $\pm 100\%$ gempa arah Y

Untuk perencanaan diambil dari hasil yang paling berbahaya (terbesar) dari dua kombinasi tersebut. Untuk beban geser dasar nominal statik ekuivalen (V) yang terjadi dapat dihitung menurut pers. 26 PKGUBG SNI 03-1726-2002:

$$V = \frac{C.I}{R} W_T$$

Beban geser dasar nominal V menurut Pasal 6.1.2 harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan:

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} V$$

Sebagai kontrol perlu diperhatikan (PKGUBG SNI 03-1726-2002 ps 8.1.2 dan 8.2.2) :

- Untuk persyaratan kinerja batas layanan ,dalam segala hal simpangan antar tingkat (drift) tersebut tidak boleh lebih dari 0,03/R atau 30 mm.
- Untuk persyaratan kinerja batas ultimit, dalam segala hal simpangan antar tingkat (drift) tersebut tidak boleh lebih dari 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

METODE PENELITIAN

Tahapan meliputi tahap persiapan, tahap penelitian dan penyusunan laporan. Tahap persiapan ini dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai gempa, beton bertulang, perilaku struktur bangunan beton tahan gempa, sistim struktur *Open Frame*, perilaku masing-masing elemen, dan berbagai jurnal tentang penelitian yang telah dilakukan, serta studi pustaka lainnya yang berhubungan dengan penelitian. Tahap pertama dimulai dengan pencarian data sekunder gedung PTK yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian ini.

Analisis yang dilakukan adalah *static ekuivalen*. *Static ekuivalen* adalah cara analisis static 2 dimensi atau 3 dimensi linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban static yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai.

Saat permodelan di SAP2000, untuk sistim *open frame* dimodelkan sebagai rangka balok dan kolom seperti pemodelan pada umumnya. Struktur tersebut berada di atas tanah keras. Pertama, tanah keras pada permodelan di SAP 2000, diasumsikan perletakan jepit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan studi kasus gedung perkuliahan PTK FKIP UNS, yang menggunakan denah struktur utama saja. Struktur utama yang diambil yaitu denah struktur balok dan kolom utama pada denah bangunan tersebut. Untuk faktor-faktor lain misal arsitektur pada penelitian ini tidak diperhitungkan.

4.1 Dimensi Struktur

Balok Anak:

Dari perhitungan dimensi balok berdasarkan SNI 03-2847-2002 diperoleh dimensi balok yang digunakan, yaitu:

Tabel 4.1 Dimensi Balok Dalam Perencanaan

Nama Balok	Dimensi Balok (mm ²)
Balok Anak	300x400
Balok Induk	400 x 600

Kolom:

Dari hasil perhitungan, diperoleh bahwa dimensi balok yang telah diasumsikan, dikategorikan dalam kondisi aman sehingga dapat dilanjutkan pada perhitungan desain dan analisis tulangan. Adapun dimensi kolom yang digunakan dalam perencanaan adalah 600 mm x 600 mm.

4.2 Hasil Perhitungan Waktu Getar Alami Fundamental

Menurut SNI-03-1726-2002, waktu getar alami Fundamental adalah waktu yang dibutuhkan oleh struktur untuk bergetar satu kali bolak-balik tanpa adanya gaya luar. Waktu getar struktur ini dinyatakan dalam detik. Besarnya waktu getar alami struktur perlu diketahui agar peristiwa resonansi pada struktur dapat dihindari. Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama ditentukan dengan rumus Rayleigh.

$$T_{rayleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{n-1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \sum_{n-1}^n F_i \cdot d_i}}$$

Tabel 4.2 Hasil Analisis Waktu Getar Alami Fundamental

Arah d _i	Arah Gempa	T _{empiris}	T _{Rayleigh}	Syarat	Ket.
X	X	0,69	1,66	1,328	Ok
Y	X	0,69	1,17	0,936	Ok
X	Y	0,69	0,91	0,728	Ok
Y	Y	0,69	1,64	1,312	Ok

T_{Rayleigh} hasil analisis diperhitungkan berdasarkan simpangan yang terjadi pada setiap tingkat yang didapat setelah dilakukan analisis dengan Program SAP 2000. Dengan cara melihat deformasi yang terjadi pada setiap

tingkat (d_i). Deformasi hasil analisis tersebut kemudian dimasukkan kedalam rumus T_{Rayleigh} yang tercantum pada SNI 03-1726-2002 pasal 6.2.1. Analisis atau perhitungan waktu getar alami fundamental menurut Rayleigh ini diperlukan karena merupakan syarat dari perencanaan bangunan tahan gempa untuk struktur gedung. Menurut SNI 03-1726-2002 pasal 6.2.2, apabila waktu getar alami fundamental struktur gedung untuk penentuan Faktor Respons Gempa C_1 menurut Pasal 6.1.2 SNI 03-1726-2002 ditentukan dengan rumus empirik atau didapat dari hasil analisis 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung dengan T_{Rayleigh} .

4.3 Hasil Pengujian Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat yaitu selisih *displacement* lateral antar dua lantai yang berurutan.

a. Kinerja Batas Layan

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, tergantung yang mana yang nilainya lebih kecil. (SNI 03-1726-2002 Pasal 8.1.2).

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kinerja Batas Layan Arah X Akibat Gempa Arah X

Lantai	$\frac{d_i}{\text{mm}}$	ΔS	Batas ΔS	Ket.
Atap	44,08	5,719	14,118	Ok
4	38,36	9,309	14,118	Ok
3	29,05	11,267	14,118	Ok
2	17,78	12,882	14,118	Ok
1	4,90	4,9	10,588	Ok

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kinerja Batas Layan Arah Y Akibat Gempa Arah X

Lantai	$\frac{d_i}{\text{mm}}$	ΔS	Batas ΔS	Ket.
Atap	21,69	2,559	14,118	Ok
4	19,13	4,413	14,118	Ok
3	14,72	5,87	14,118	Ok
2	8,85	6,19	14,118	Ok
1	2,66	2,66	10,588	Ok

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kinerja Batas Layan Arah X Akibat Gempa Arah Y

Lantai	$\frac{d_i}{\text{mm}}$	ΔS	Batas ΔS	Ket.
Atap	13,22	1,7121	14,118	Ok
4	11,51	2,7929	14,118	Ok
3	8,72	3,608	14,118	Ok
2	5,11	3,634	14,118	Ok
1	1,47	1,473	10,588	Ok

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kinerja Batas Layan Arah Y Akibat Gempa Arah Y

Lantai	$\frac{d_i}{\text{mm}}$	ΔS drift	Batas ΔS	Ket.
Atap	42,30	5,527	14,118	Ok
4	36,77	8,52	14,118	Ok
3	28,25	8,751	14,118	Ok
2	19,50	10,63	14,118	Ok
1	8,87	8,869	10,588	Ok

Menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung tahun 2002, kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh Gempa Nominal yang telah dibagi Faktor Skala.

b. Kinerja batas ultimit

Kinerja batas ultimit ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa. Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal dikalikan faktor pengali.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kinerja Batas Ultimit Arah X Akibat Gempa Arah X

Lantai	Tinggi tingkat	d_i (mm)	ΔM	Batas ΔM	Ket.
Atap	19	44,08	34,028	80	Ok
4	15	38,36	55,389	80	Ok
3	11	29,05	67,038	80	Ok
2	7	17,78	76,65	80	Ok
1	3	4,90	29,155	60	Ok

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kinerja Batas Ultimit Arah Y Akibat Gempa Arah X

Lantai	Tinggi tingkat	di (mm)	ΔM	Batas ΔM	Ket.
Atap	19	21,69	15,226	80	Ok
4	15	19,13	26,257	80	Ok
3	11	14,72	34,926	80	Ok
2	7	8,85	36,830	80	Ok
1	3	2,66	15,827	60	Ok

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kinerja Batas Ultimit Arah X Akibat Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi tingkat	di (mm)	ΔM	Batas ΔM	Ket.
Atap	19	13,22	10,187	80	Ok
4	15	11,51	16,618	80	Ok
3	11	8,72	21,468	80	Ok
2	7	5,11	21,622	80	Ok
1	3	1,47	8,764	60	Ok

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kinerja Batas Ultimit Arah Y Akibat Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi tingkat	di (mm)	ΔM	Batas ΔM	Ket.
Atap	19	42,30	32,89	80	Ok
4	15	36,77	50,69	80	Ok
3	11	28,25	52,07	80	Ok
2	7	19,50	63,25	80	Ok
1	3	8,87	52,77	60	Ok

Dari hasil analisis pada tabel diatas, perencanaan ini memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, karena simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur tidak melebihi 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

4.4 Hasil Analisis Pehitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan desain kebutuhan tulangan dalam penelitian ini tidak dihitung secara manual melainkan didesain secara otomatis dengan program SAP 2000. Dalam outputnya program SAP 2000 akan memberikan kebutuhan luas tulangan total yang diperlukan, sedangkan untuk pemilihan diameter, jumlah atau jarak tulangan dilakukan secara manual berdasar hitungan luas tulangan oleh program. Diameter tulangan ulir yang digunakan adalah 29 mm yaitu sebagai tulangan longitudinal dan

diameter tulangan polos yang digunakan adalah 12 mm yaitu sebagai tulangan geser.

Tabel 4.11 Kebutuhan Tulangan Longitudinal pada Kolom dan Balok

Jenis Struktur	Jenis Tanah	WG	Tulangan Longitudinal		
			Tump	Lap.	Tump
Balok 40/60	Keras	3	8D29	4D29	8D29
Kolom 60/60	Keras	3	21D29		

Tabel 4.12 Kebutuhan Tulangan Geser pada Kolom dan Balok

Jenis Struktur	Jenis Tanah	WG	Tulangan Geser		
			Tump	Lap.	Tump.
Balok 40/60	Keras	3	D12-100	D12-100	D12-100
Kolom 60/60	Keras	3	D12-80		

Kebutuhan kolom yang banyak dibandingkan balok membuat struktur lebih kaku sehingga membuat struktur tersebut semakin kuat dalam menahan beban gempa yang dibuktikan dari beberapa perhitungan.

Keseluruhan hasil perhitungan yaitu perhitungan waktu getar alami fundamental, kinerja batas layan, dan kinerja batas ultimit, membuktikan bahwa struktur dengan dimensi kolom 60 cm x 60 cm dan balok 40 cm x 60 cm dengan kebutuhan tulangan yang telah direncanakan mampu menahan beban gempa pada wilayah gempa 3.

4.5 Perbedaan Antara Desain Awal dengan ReDesain gedung PTK

Berdasarkan hasil perhitungan desain perencanaan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11 Perbedaan Antara Desain Awal dengan ReDesain gedung PTK

Faktor Pembeda	Desain Awal	ReDesain
Material	Beton Normal	Beton Normal
	Biasa	Terak
Mutu Beton	25	20
Mutu Baja	390	400
Balok Anak	25/70	30/40
Balok Induk	30/80	40/60
Dimensi Kolom	60/60	60/60
Diamater Tulangan	24D22	21D29

Dari hasil perhitungan diatas desain awal bangunan dengan redesain bangunan tidak memiliki perbedaan terlalu jauh dilihat dari segi ekonomis karena masing-masing bahan yang digunakan memiliki keunggulan dan kekurangan. Dilihat dari mutu beton dan dimensi struktur yang digunakan redesain terlihat lebih ekonomis dibandingkan dengan desain awal karena mutu beton yang digunakan diturunkan (beton terak 20 MPa) dan dimensi yang digunakan tidak jauh berbeda. Sedangkan dilihat dari segi tulangan, pada desain awal bangunan menggunakan 24D22 karena pada desainnya mutu beton yang digunakan lebih besar dan diameter lebih kecil sedangkan untuk redesain bangunan menggunakan 21D29 mm karena dilihat dari mutu betonnya lebih rendah dibandingkan dengan desain awal yang memang sudah ditentukan berdasarkan penelitian terdahulu. Sehingga dalam redesain ini harus memperbesar mutu dan diameter tulangan agar dapat menahan beban gempa dengan jumlah tulangan lebih sedikit. Namun besarnya mutu dan diameter tulangan tidak jauh berbeda dengan desain awal, jadi dari segi ekonomis masih terjangkau.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Melihat hasil perhitungan ReDesain Gedung PTK didapatkan dimensi kolom 60 cm x 60 cm dengan 21 baja tulangan yang berdiameter 29 mm pada setiap titik kolom untuk tulangan longitudinal dan baja tulangan berdiameter 12 mm pada setiap jarak 80 mm untuk tulangan gesernya, dan dimensi balok 40 cm x 60 cm dengan 8 baja tulangan untuk tulangan longitudinal tumpuan dan 6 baja tulangan untuk tulangan longitudinal lapangan, dengan tulangan geser pada setiap jarak 100 mm. Jumlah tulangan kolom yang lebih banyak dibandingkan dengan balok membuat perilaku struktur lebih kuat untuk menahan gaya gempa, sehingga keruntuhan gedung diharapkan lebih kecil.
2. Beton terak dengan prosentase penggantian terak 60% terhadap agregat kasar dengan berat jenis 2454 kg/m³ dan f_c' 20 MPa dapat digunakan pada perencanaan

bangunan tahan gempa dilihat dari berat jenisnya karena memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2002

DAFTAR PUSTAKA

- Andaryati, Data Iranata, dan Tavio .2012. *Pemodelan Struktur Dinding Beton Pracetak untuk Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa dan Cepat Bangun*. Jurnal Teknik Sipil ITS.
- Arifin .2003. *Study Perencanaan Struktur Gedung Lantai Tinggi (Kantor PT. Halim Sakti Jl. HR Muhammad Surabaya) dengan Special Moment Resisting Frame*. Jurnal.
- Mulyanto, *Pedoman Membangun Rumah Sederhana Tahan Gempa*. www.mulyanto.wordpress.com. Yogyakarta. UGM
- Mulyono, T.2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa, 2006. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 1726-2002, 2002.
- Rao, P Venkata Mallikarjun.2012. Steel Slag Ingredient for Concrete Pavement. *Internatioal Journal Of Advanced Scientific Research and Technology*. ISSN: 2249-9954.
- Satyarno Imam, Namangalam Purbolaras, Pratomo R.Indra.2011. Belajar SAP2000 analisis gempa seri 2. Yogyakarta: Zamil publishing.
- Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847- 2002, 2002.
- Vikas P. Jadhao, Prakash S. Pajgade.2013. *Influence of Masonry Infill Walls On Seismic Performance of RC Framed Structures a Comparision of AAC and Conventional Brick Infill*. Journal Internasional.