

SKRIPSI

**STUDI PERBANDINGAN ANALISA GEMPA STATIK EKUIVALEN DAN
ANALISA DINAMIK PADA BALOK *EXTREME* GEDUNG HOTEL IBIS
STYLES MALANG**



DISUSUN OLEH :

FAJAR DIMAS DEWANTARA

08.21.027

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2014

**STUDI PERBANDINGAN ANALISA GEMPA STATIK EKUIVALEN DAN
ANALISA DINAMIK PADA BALOK *EXTREME* GEDUNG HOTEL IBIS
STYLES MALANG**

Oleh : Fajar Dimas Dewantara, Nim: 08.21.027

Pembimbing : Ir.A.Agus Santosa,MT , Ir.Ester Priskasari,MT

Kata Kunci : *Balok Extreme, analisa gempa statik dan dinamik*

ABSTRAK

Letak Indonesia yang merupakan pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia, menyebabkan hampir semua wilayah Indonesia mempunyai resiko gempa tektonik tinggi. Di negara Indonesia sendiri, sebelumnya telah ada aturan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung yaitu SNI 03-1726-2002 yang mengacu pada tata cara Amerika, Uniform Building Code, UBC-97. Pada gedung Hotel IBIS STYLES Malang yang mempunyai 12 lantai. Penelitian kali ini dikonsentrasikan pada balok yang mempunyai bentang paling panjang dan menahan beban paling besar (*extreme*) untuk ditinjau menggunakan gempa statik ekuivalen dan dibandingkan terhadap gempa dinamik.

Dari analisa pembebanan kombinasi diketahui momen yang terbesar pada *beam* 340 dengan nilai 431.415 kNm. Maka dari itu *beam* 340 bisa dikatakan sebagai segmen balok *Extreme* pada struktur gedung Hotel Ibis Styles Malang. Sedangkan untuk pembebanan gempa static dan dinamik didapat momen akibat beban masing-masing gempa sebesar 127,701 kN untuk gempa statik ekuivalen dan 105,383 kN untuk gempa dinamik. Dan perbandingan selisih jumlah tulangan sebesar 29% untuk tulangan tarik pada tumpuan dan 25% tulangan tekannya. Sedangkan pada daerah lapangan jumlah tulangan sama.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak Indonesia yang merupakan pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia, menyebabkan hampir semua wilayah Indonesia mempunyai resiko gempa tektonik tinggi. Karena letaknya yang demikian, Indonesia seakan-akan berada di dalam lingkaran api yang terus membara. Masih ingat dalam benak kita pada akhir tahun 2004 terjadi gempa super dahsyat dengan kekuatan 8,9 skala richter yang menyebabkan gelombang Tsunami di Aceh, gempa berkekuatan 5 skala richter yang mengguncang Jawa Barat ataupun gempa yang baru saja meluluhlantahkan Padang dengan kekuatan 7,2 skala richter. Runtutan gempa yang terjadi di Indonesia tidak hanya mengakibatkan kerugian cukup besar tapi juga banyaknya korban yang berjatuhan.

Terlepas dari berbagai polemik dan kompleksnya permasalahan dari peristiwa gempa yang terjadi, adalah tugas utama dari para ahli maupun praktisi khususnya yang bergerak di bidang ketekniksipilan untuk menciptakan suatu tatanan baru mengenai perancangan gempa yang lebih baik lagi. Hal tersebut tentunya tidak hanya bertujuan untuk menciptakan struktur bangunan yang lebih kuat dan tahan gempa, tetapi juga bertujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi setiap orang yang ada dan tinggal di dalam bangunan tersebut.

Di negara Indonesia sendiri, sebelumnya telah ada suatu tata cara mengenai perancangan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung yaitu SNI 03-1726-2002 yang mengacu kepada tata cara Amerika, Uniform Building Code, UBC-97.

Pertumbuhan pembangunan di Indonesia khususnya kota Malang sendiri sudah sangatlah pesat, terbukti dengan banyak berdirinya bangunan gedung bertingkat tinggi dengan struktur yang berat (*heavy structure*). Dengan demikian perlu perencanaan yang tepat dengan memperhatikan dampak bangunan gedung tersebut terhadap gempa, mengingat kota Malang termasuk dalam wilayah 4 gempa, maka aplikasi perhitungan tahan gempa dalam struktur harus bisa dijalankan.

Pada proyek gedung Hotel IBIS STYLES Malang yang mempunyai 12 lantai, tentu perencana sudah merencanakan gedung tersebut dengan konsep tahan gempa. Untuk itu dalam penelitian kali ini lebih dikonsentrasikan pada salah satu elemen struktur yaitu balok yang mempunyai bentang paling panjang dan menahan beban paling besar (*extreme*) untuk ditinjau perilaku strukturnya menggunakan gempa statik ekuivalen dan dibandingkan terhadap analisa gempa dinamik.

1.2. Rumusan Masalah

Secara terperinci dari penjabaran diatas, maka rumusan masalah dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Balok manakah yang dianggap balok paling *extreme* atau balok yang mempunyai bentang paling panjang dan memikul beban paling besar, dan berapakah nilai momen akibat beban gempa statik dan dinamik?
2. Berapakah jumlah tulangan pada balok *extreme* akibat kedua beban gempa tersebut?
3. Berapa persen selisih jumlah tulangan pada balok *extreme* pada masing-masing lantai akibat kedua beban gempa tersebut?

1.3.Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisa dan membandingkan perilaku struktur balok *extreme* yang ada pada gedung Hotel IBIS STYLES MALANG terhadap gempa statik ekuivalen dan pada analisa dinamis gempa.

Balok *extreme* dalam hal ini adalah balok yang secara struktural memiliki bentang paling panjang dengan memikul beban paling berat.

1.4.Batasan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan di atas, maka untuk menghindari penyimpangan perlu dibuat pembatasan masalah. Batasan-batasan yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Obyek kajian adalah pembangunan gedung **HOTEL IBIS STYLES MALANG**, dalam hal ini hanya sebatas struktur balok *extreme*,
2. Analisa penulangan hanya pada balok *extreme*,
3. Tata cara perencanaan ketahanan gempa pada bangunan gedung menggunakan **SNI 03-1729-2002**,
4. Analisa statik gempa menggunakan **Analisa Statik Ekuivalen**,
5. Analisa dinamis menggunakan **Analisi Ragam Spectrum Respons**,
6. Wilayah kegempaan dari struktur bangunan menurut pembagian wilayah gempa Indonesia (Wilayah 4),
7. Analisa pembebanan dari pembangunan gedung didasarkan atas **Peraturan Pembebanan untuk Gedung Indonesia 1987**,
8. Analisa perhitungan menggunakan bantuan program **STAAD PRO 2004**.

1.5. Metode Pembahasan

1. Studi Literatur

Sebelum menentukan rumusan masalah, penulis mempelajari data yang diperoleh dari pelaksana proyek pembangunan **HOTEL IBIS STYLES MALANG** dalam hal ini PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH serta buku dan makalah mengenai struktur dan kegempaan. Tujuan dari studi

literatur ini untuk menggali teori serta pengertian yang mendalam mengenai struktur dan kegempaan itu sendiri sehingga penulis dapat menentukan langkah-langkah yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.

2. Pengumpulan data

Data yang diperoleh dalam studi kali ini berdasarkan data struktur dari kontraktor pelaksana.

1.6.Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan Skripsi dengan judul “**STUDI PERBANDINGAN ANALISA GEMPA STATIK EKUIVALEN DAN ANALISA DINAMIK PADA BALOK *EXTREME* GEDUNG HOTEL IBIS STYLES MALANG**” ini akan dibukukan dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I :Pendahuluan

Berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, metode pembahasan, sistematika pembahasan.

Bab II :Tinjauan Pustaka

Menjelaskan pengertian struktur gedung, pengertian tentang kegempaan, wilayah gempa di Indonesia, beban-beban struktur, metode-metode yang digunakan dalam analisis gempa, penerapan analisa kegempaan pada gedung, dan alat hitung struktur STAAD-PRO 2004.

Bab III :Metodologi

Berisikan tentang sistematika penelitian, diantaranya : Data umum proyek, pengumpulan data, tahap penentuan item (balok *extream*), tahap analisa, tahap perbandingan, penjabaran hasil kajian.

Bab IV :Analisa

Berisikan tentang deskripsi proyek, analisa struktur, dan hasil analisa.

Bab V :Penutup

Berisikan tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Filosofi Struktur Tahan Gempa

Getaran yang ditimbulkan oleh gempa sangatlah berbahaya bagi berdirinya suatu struktur bangunan, dimana gempa itu sendiri mempunyai resonansi yang sangat potensial sekali untuk merontokkan struktur bangunan dan bangunan pendampingnya, oleh karena itu tujuan dari perencanaan struktur tahan gempa adalah sebagai berikut :

1. Menghindari terjadinya korban jiwa,
2. Membatasi kerusakan struktur, sehingga struktur pada suatu bangunan masih bias diperbaiki kembali,
3. Membatasi rasa ketidaknyamanan penghuni terhadap struktur bangunan itu sendiri,
4. Mempertahankan fungsi layanan vital dari gedung itu sendiri.

Sesuai penjelasan diatas sangat jelas bahwa tujuan utama dari konsep struktur tahan gempa adalah bagaimana kenyamanan dan keselamatan penghuni adalah yang utama.

Karena datangnya gempa adalah faktor alam dan tidak dapat diprediksi datangnya, maka gempa dibagi dalam 3 jenis yaitu gempa ringan, gempa sedang, dan gempa kuat dimana masing-masing gempa mempunyai probabilitas dan struktur bangunan harus mampu menahan 3 kejadian gempa tersebut sesuai dengan tabel 2.1 dibawah ini.

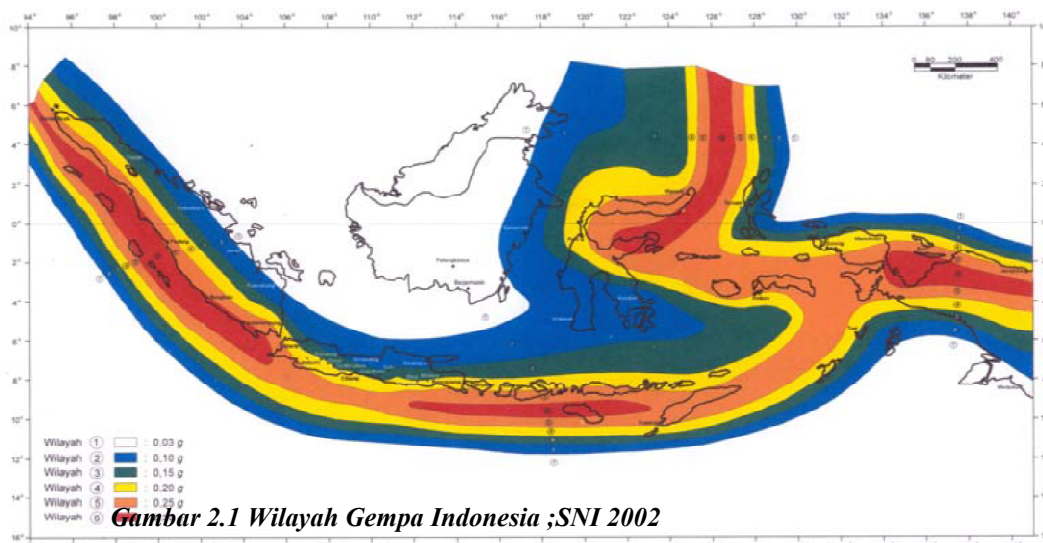
Jenis Gempa	Probabilitas Terjadinya Gempa	Persyaratan	Filosofi Gempa
Gempa Ringan	60 %	Tidak boleh ada kerusakan	3 , 4
Gempa Sedang	30%	Non structural boleh rusak, struktur utama tidak boleh rusak	1 , 2 , 3
Gempa Kuat	10%	Struktur boleh rusak, tetapi tidak boleh roboh.(korban jiwa bias dihindari)	1 , 2 , 4

Tabel 2.1 Persyaratan Struktur Terhadap Masing-masing Gempa

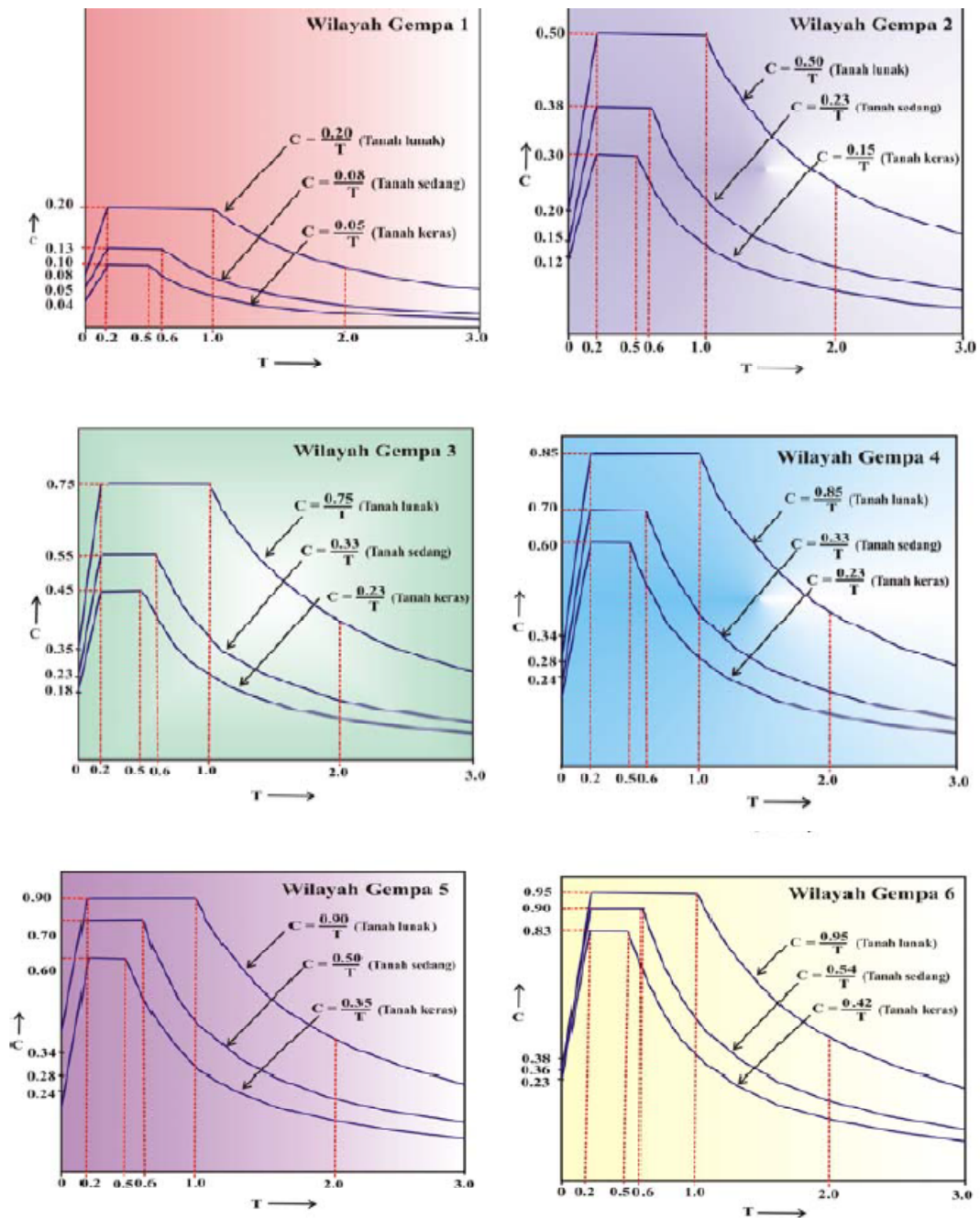
Sesuai tabel 2.1 diatas persyaratan-persyaratan inilah yang harus dijadikan dasar dalam merencanakan struktur tahan gempa yang mengacu pada tindakan penyelamatan penghuni dan struktur gedung itu sendiri.

2.2 Wilayah Gempa di Indonesia

Telah disajikan pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 1726 – 2002, bahwa di Indonesia terdapat 6 daerah gempa. Pembagian daerah gempa ini didasarkan pada frekuensi kejadian dan potensi daya rusak gempa yang terjadi pada daerah tersebut. Daerah gempa–I adalah daerah gempa terkecil sedangkan daerah gempa–VI adalah daerah gempa paling besar. Pembagian daerah gempa tersebut adalah seperti pada Gambar 2.1



Selanjutnya tiap-tiap daerah gempa akan mempunyai spektrum respons sendiri-sendiri, seperti pada Gambar spektrum respons dalam hal ini adalah plot antara koefisien gempa dasar C lawan periode getar struktur T . secara umum dapat dikatakan bahwa koefisien gempa dasar C utamanya dipengaruhi oleh daerah gempa, periode getar T dan jenis tanah. Untuk setiap respons spektrum disajikan juga pengaruh kondisi tanah, yaitu spektrum untuk tanah keras dan tanah lunak. Definisi tanah keras dan tanah lunak dapat didekati menurut beberapa kriteria. Kriteria yang dipakai untuk menentukan jenis tanah ini diantaranya adalah jenis dan kedalaman tanah endapan, nilai N-SPT, nilai *undrain shear strenght*, c_u , atau kecepatan gelombang geser V_s .



Gambar 2.2 spektrum respons

2.3 Metode Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Ada 2 metode perencanaan struktur yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Tahan Gempa yaitu metode Statik Ekuivalen dan Metode Dinamik. Adapun penjelasan masing-masing metode sebagai berikut :

2.3.1 Metode Statik Ekuivalen

Analisa beban gempa Statik Ekuivalen adalah suatu cara analisa static struktur dimana pembebanan oleh gempa dianggap sebagai beban statik untuk menirukan pembebanan gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah.

- Gempa rencana didasarkan pada kala ulang gempa 500 tahun dengan probabilitas 10%,
- Wilayah gempa dapat dilihat pada tabel & peta,
- Hanya untuk struktur bangunan gedung beraturan,
- Beban gempa pada dasar gedung menggunakan rumus :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_1$$

di mana C_1 adalah nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana, R faktor reduksi gempa sedangkan W_1 adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

2.3.1.1 Parameter-parameter Dasar Struktur

- Faktor respon gempa, C_1

- Waktu getar alami gedung, T_1

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} < \zeta n$$

W_i = berat gedung lantai ke- I ,

F_i = beban gempa pada lantai ke- I ,

d_i = defleksi relatif pada lantai ke- I ,

n = jumlah lantai (tingkat),

ζ = koefisien yang tergantung wilayah gempa,

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Tabel 2.2 waktu getar alami gedung

- Faktor keutamaan, I
 - Tergantung probabilitas kejadian gempa yang diharapkan selama umur bangunan, (I_1)
 - Tergantung fungsi dan kategori gedung (I_2)
 - Faktor keutamaan, $I = I_1 \times I_2$

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum: Perniagaan, perkantoran, perumahan	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan nasional	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa: Rumah sakit, Instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan darurat, fasilitas media elektronik.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya	1,6	1,0	1,6
Cerobong, Tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gedung

- Parameter Daktilitas Struktur

Taraf Kinerja Struktur Gedung	μ	R
Elastis Penuh	1,0	1,6
Daktail Parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
Daktail Penuh	5,0	8,0
	5,3	8,5

Tabel 2.4 Daktilitas Struktur

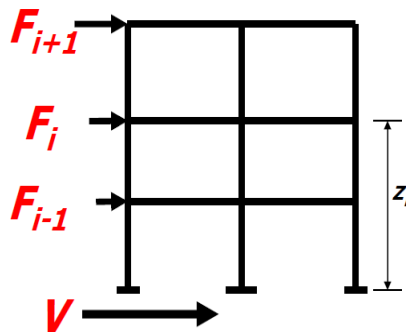
$R = \mu f_l$ dimana ; f_l = faktor kuat lebih beban dan bahan. μ = faktor daktilitas struktur

- Berat total gedung, W_t

Adalah berat keseluruhan gedung dari penjepit lateral sampai lantai bangunan tingkat ke i termasuk balok, kolom, dinding/partisi, assesoris semisal sandaran, tangga, plafon, deck, dll.

2.3.1.2 Distribusi Beban Gempa Pada Struktur Gedung

Untuk beban gempa tiap-tiap lantai diaplikasikan dan diperhitungkan sesuai dengan rumus dibawah ini :



Gambar 2.3 Pemusatan beban masing-masing lantai

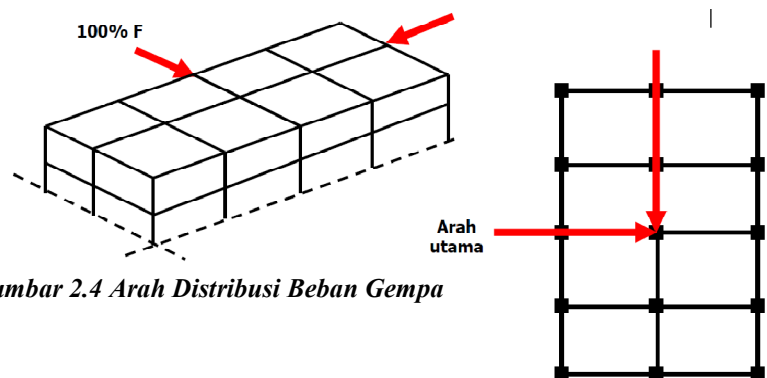
Dimana :

W_i = berat lantai tingkat ke- i

Z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i dari dasar gedung

2.3.1.3 Arah Distribusi Beban Gempa

- Arah Longitudinal
 - Arah utama gedung, bekerja 100%,
 - Arah tegak lurus sb-utama gedung, bekerja 30% pada saat bersamaan.
- Arah Transversal
 - Beban gempa tiap lantai dibagi dengan jumlah portal yang ditinjau.



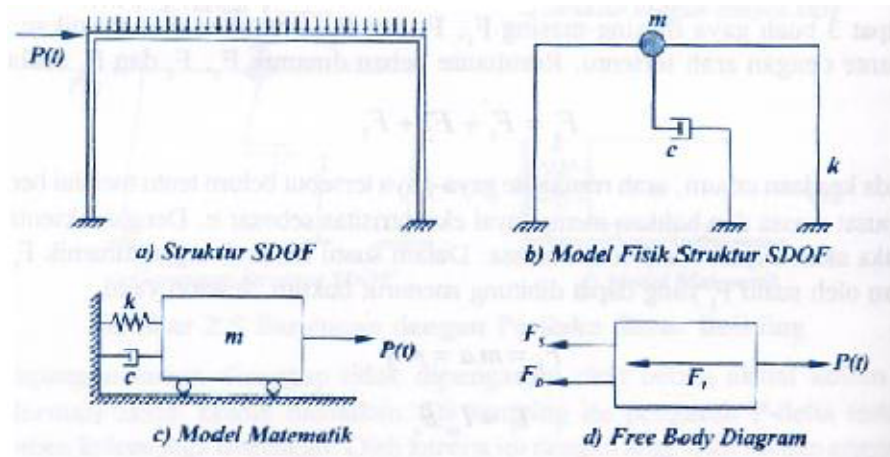
Gambar 2.4 Arah Distribusi Beban Gempa

2.3.2 Metode Dinamik

Analisa Dinamik struktur terhadap gempa adalah suatu analisa yang menitik beratkan pada kemampuan struktur menahan beban-beban gempa akibat getaran tanah yang dimunculkan dengan adanya berbagai macam ragam getar / *mode shape* struktur. Mode shape struktur terjadi akibat adanya kombinasi beban yang ada pada suatu struktur tersebut.

Struktur yang direncanakan menggunakan analisa gempa dinamik harus mampu menahan masing-masing *mode shape*

struktur yang terjadi. Pada gambar 2.5 adalah contoh ragam getar yang terjadi pada suatu struktur gedung.

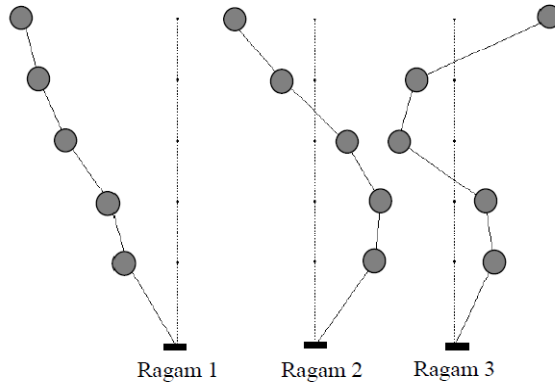


Gambar 2.5 Mode Getar Struktur

Pada studi kali ini analisa dinamik menggunakan Analisa Ragam *Spectrum Respons*, dengan pengertian yaitu suatu cara dinamik struktur dimana pada suatu model matematika struktur diberlakukan suatu *spectrum respons* gempa rencana dan berdasarkan itu pula ditentukan respon struktur terhadap gempa rencana tersebut melalui respon dari masing-masing ragamnya.

2.3.2.1 Model Matematik Problem Dinamik

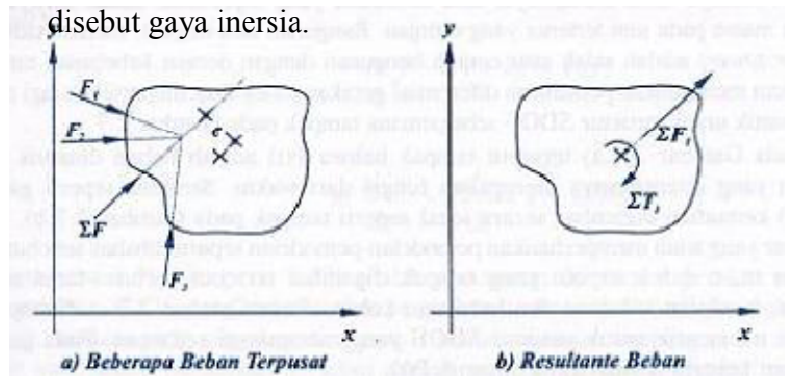
Jika struktur diberi beban dinamik, maka agar struktur dapat dianalisis secara matematis, maka secara umum sistim struktur dapat dimodelkan seperti gambar 2.6, dimana kolom berperilaku sebagai pegas k , sesuai dengan kekakuan kolom tersebut. Selain itu struktur juga mempunyai kemampuan untuk meredam beban tersebut menurut konstanta c .



Gambar 2.6 Model Matematik Problem Dinamik

2.3.2.2 Persamaan Gerak Dinamik Struktur

Prinsip *d'Alembert's*, d'Alembert's mengatakan bahwa Keseimbangan dinamik suatu massa/sistim dapat diperoleh dengan menjumlahkan gaya luar dan gaya imajiner yang ada pada massa yang bersangkutan yang disebut gaya inersia.



Gambar 2.7 Beban-Beban Dinamik pada suatu Sistim

Dari Gambar II.7, resultan beban dinamik :

$$F_t = F_1 + F_2 + F_3$$

Jika resultan gaya tidak melalui titik pusat massa, maka akan terjadi suatu rotasi massa. Dalam kondisi keseimbangan dinamik, F_t dan T_t akan dilawan oleh gaya inersia FI dan TI yang dapat dihitung menurut hukum Newton,

$$FI = m \cdot a = m \cdot \ddot{y}$$

$$Tt = Im \cdot \theta a$$

dimana m : massa sistim, \ddot{y} : percepatan sistim. Im : momen inersia massa dan θa : percepatan sudut (angular acceleration).

Karena $F_t = F_l$ dan $Tt = T_l$, maka diperoleh :

$$F_t - m \cdot \ddot{y} = 0$$

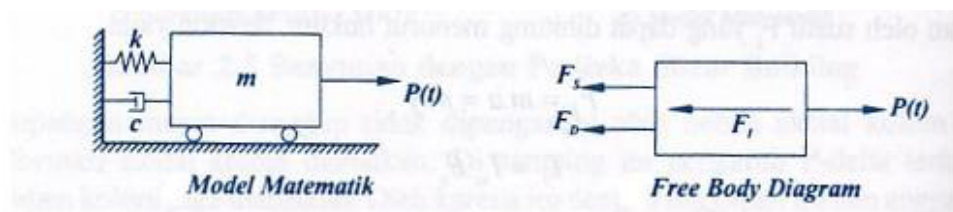
$$T_t - Im \cdot \theta a = 0$$

artinya : pada keseimbangan dinamik suatu massa yang bergerak terdapat gaya imajiner atau gaya inersia F_l dan T_l yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan, hal ini biasa dikenal sebagai Prinsip d'Alembert's.

2.3.2.3 Persamaan Diffrensial Gerak Struktur SDOF

Seperti gaya inersia, gaya pegas dan redaman struktur juga mempunyai arah yang berlawanan dengan arah gerak massa, sehingga free body dari sistim struktur SDOF yang bergerak secara dinamik diilustrasikan pada Gambar II.8. Berdasarkan keseimbangan gaya dinamik pada free body sistim tersebut (Gambar II.8), diperoleh hubungan

$$F_l + F_D + F_s = P(t)$$



Gambar II.8. Model Matematik & Gaya-gaya Dinamik pada Freebody

Struktur

Dimana :

$$F_I = \text{gaya inersia} = m \cdot \ddot{y}$$

$$F_D = \text{gaya redaman} = c \dot{y}$$

$$F_S = \text{gaya pegas} = ky$$

Dengan mensubstitusi pers. (II.3) ke dalam pers. (II.2),
dihasilkan

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P(t)$$

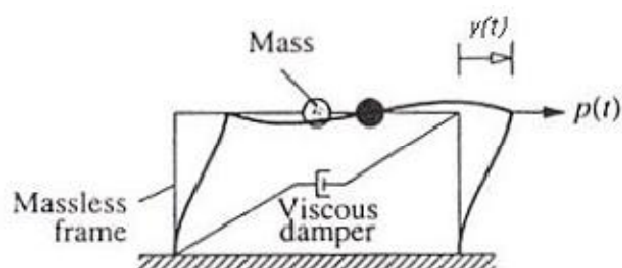
atau

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + ky = P(t)$$

Persamaan (II.4) atau pers. (II.5) merupakan persamaan gerak sistim SDOF¹ yang memperoleh beban dinamik $P(t)$, yang secara matematis disebut sebagai persamaan differensial ordo dua.

Jika massa (m), redaman (c), kekakuan (k) struktur, serta besaran dan fungsi beban dinamik yang bekerja ($P(t)$) diketahui, maka secara matematis dari persamaan (II.5) di atas dapat dihitung simpangan struktur setiap saat t , yaitu y .

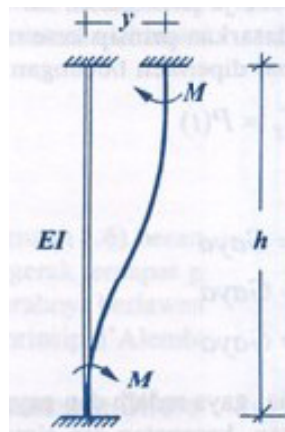
2.3.2.4 Gaya Dalam Struktur Akibat Beban Dinamik



Gambar II.9. Perubahan Bentuk Struktur Akibat Perpindahan

$y(t)$

Akibat perpindahan struktur sebesar $y(t)$ pada saat detik ke t , maka struktur akan berdeformasi seperti Gambar II.9. Akibat adanya deformasi ini maka timbul momen pada kolom. Momen yang terjadi berbanding lurus dengan perpindahan $y(t)$.



Gambar 3.0. Momen pada Kolom

Jika lantai dan balok dianggap sangat kaku, maka,

$$M = \frac{6EI}{h^2}y(t)$$

Selanjutnya jika momen pada kolom diketahui, gaya geser pada kolom juga dapat dihitung.

2.3.2.5 Karakteristik Dinamik

Pada persamaan gerak dinamik sistim SDOF, terlibat 3 nilai karakteristik utama struktur, yakni

1. massa (m).

2. redaman (c), dan

3. kekakuan (k).

Kekakuan merupakan nilai karakteristik yang juga digunakan pada problem statik, sedangkan massa dan redaman hanya digunakan pada problem dinamik. Agar persamaan differensial tersebut dapat diselesaikan, perlu diketahui terlebih dahulu ketiga nilai karakteristik tersebut. Agar penentuan nilai-nilai karakteristik ini dapat diformulasikan dengan sederhana perlu diambil beberapa asumsi.

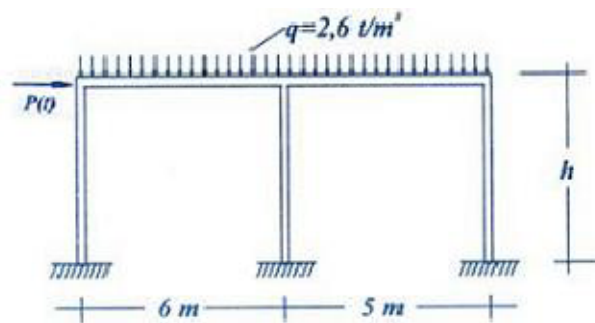
- **Massa Struktur**

Sebagaimana telah disinggung pada modul 1, sesuai dengan metoda diskritisasi struktur yang digunakan, maka ada dua cara pendekatan pokok yang dilakukan untuk mendeskripsikan massa struktur :

- Massa Terkelompok (Lumped-Mass).
Massa struktur dianggap terpusat/terkelompok pada suatu titik tertentu atau beberapa titik tertentu.
- Massa Terdistribusi (Consistent Mass),
cara ini lebih mendekati kondisi sesungguhnya.

Pada struktur berlantai banyak, dimana massa struktur umumnya terkonsentrasi pada masing-masing lantai/tingkat, maka penggunaan prinsip massa terkelompok cukup memberikan hasil yang baik.

Sebagai contoh, perhatikan gambar 3.1. Untuk struktur seperti gambar 3.1 yang mendapat beban dinamis arah horizontal.



Gambar 3.1. Contoh Kasus

pada lantainya, dengan berat lantai per meter panjangnya : $q = 2,6 \text{ t/m}$, dan percepatan gravitasi $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$, maka massa struktur dapat dianggap sebagai massa terkelompok pada pusat lantai.

Karena taraf/tingkat lantai hanya satu, maka massa struktur juga satu (sistim SDOF).

Berat total beban pada lantai adalah :

$$W = 2,6 (6 + 5) = 28.600 \text{ kg}$$

Sehingga massa struktur SDOF adalah

$$m = \frac{W}{g} = \frac{28.600 \text{ kg}}{980 \text{ cm/dt}^2} = 29,18 \frac{\text{kg dt}^2}{\text{cm}}$$

- **Redaman Struktur**

Redaman merupakan peristiwa pelepasan energi oleh struktur akibat :

- Gerakan antar molekul di dalam material.
- Gesekan alat penyambung maupun sistim dukungan.
- Gesekan dengan udara.
- Respon inelastik.

Redaman akan mengurangi respon/simpangan struktur. Ada 2 macam sistim redaman

- Redaman klasik (Classical Damping).

Redaman pada sistim struktur yang mempunyai bahan struktur yang sama.

- Redaman nonklasik (NonClassical Damping). Redaman pada sistim struktur yang mempunyai bahan yang berbeda.

2.3.2.6 Tingkat Kesulitan Dalam Perencanaan

Pada peninjauan struktur yang akan dianalisa dapat diakui, bahwa semakin tidak beraturan bentuk dari struktur, semakin sulit pula perencanaannya. Oleh karena itu struktur bangunan tidak beraturan memerlukan analisa dinamis dan akan muncul kesulitan-kesulitan dalam

mendiskripsikan apa yang diperlukan dalam analisa dinamis, disamping keterbatasan manusia dalam melakukan perhitungan sehingga membutuhkan program bantu komputer untuk menyelesaikan analisa dan perhitungannya. Dalam studi kali ini menggunakan program hitung STAAD PRO 2004.

2.4 Balok

Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan juga geser. Dan yang akan kita bahas adalah balok beton bertulang. Beton hanya mempunyai elastisitas yang sedikit berbeda dengan kayu atau baja yang mempunyai kelenturan yang cukup besar. Balok beton terlentur beton bertulang lebih sering didesain untuk memikul momen lentur dengan menggunakan penampang bertulang ganda, sebab ditinjau dari mekanisme lentur penampang bertulang ganda mempunyai daktilitas yang lebih besar daripada penampang bertulang tunggal.

Beton bertulang terdiri atas dua material, beton dan baja yang sifatnya berbeda. Jika baja dianggap sebagai material homogen yang propertinya terdefinisi jelas, maka sebaliknya dengan material beton, merupakan material heterogen dari semen, mortar dan agregat batuan yang properti mekaniknya bervariasi dan tidak terdefinisi dengan pasti.

2.4.1 Kuat Lentur Balok

Bila suatu penampang beton bertulang yang dibebani lentur murni dianalisis, pertama-tama perlu dipakai sejumlah kriteria agar penampang itu mempunyai probabilitas keruntuhan yang layak pada keadaan batas hancur. Anggapan yang digunakan dalam menganalisis beton bertulang yang diberi beban lentur adalah :

1. Beton tidak dapat menerima gaya tarik karena beton tidak mempunyai kekuatan tarik,
2. Perubahan bentuk berupa penambahan panjang dan perpendekan (regangan tarik dan tekan) pada serat-serat penampang, berbanding lurus dengan jarak tiap serat ke sumbu netral. Ini merupakan kriteria yang kita kenal, yaitu penampang bidang datar akan tetap berupa bidang datar,
3. Hubungan antara tegangan dan regangan baja (σ_s dan ϵ_s) dapat dinyatakan secara skematis,
4. Hubungan antara tegangan dan regangan beton (σ'_s dan ϵ'_s) dapat dinyatakan secara skematis.

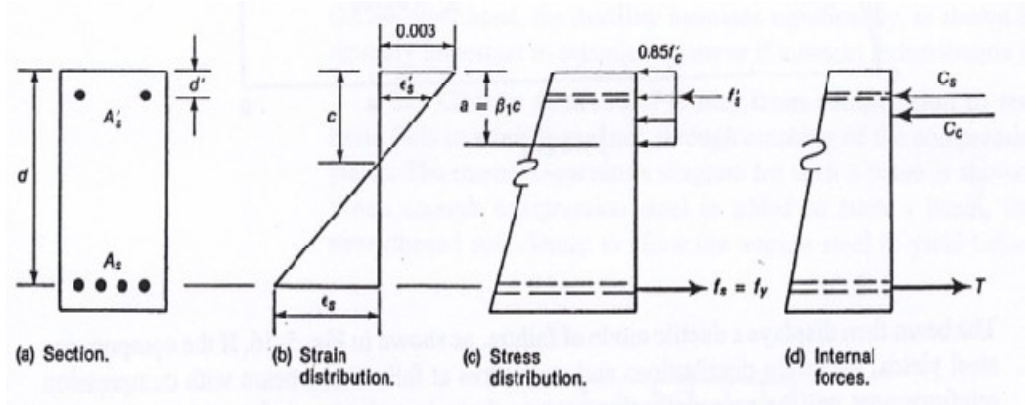
Untuk menentukan kuat lentur pada balok, berlaku rumus lenturan sebagai berikut :

$$\sigma_{lt} = \frac{\frac{1}{2} wac}{I} \quad (1)$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M \cdot c}{\frac{1}{12} bh^3} \quad (2)$$

dengan $\sigma/t =$ tegangan lentur pada balok (MPa), M = momen yang bekerja pada balok (kg.cm), $c =$ Jarak serat terluar terhadap garis netral (cm), $I =$ Momen inersia penampang balok terhadap garis netral (cm⁴), dan $w =$ besar beban (kg).

2.4.2 Analisis Balok dengan Tulangan Rangkap

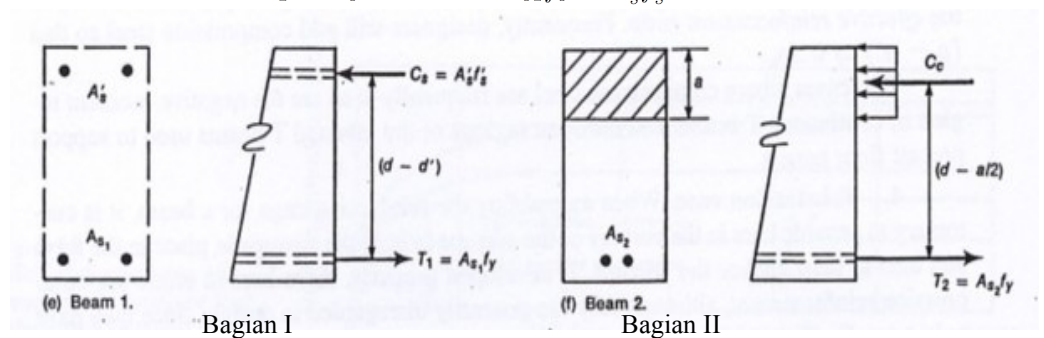


Gambar 3.2. Balok Tulangan Rangkap

Balok dengan tulangan rangkap dapat dianalisis mirip seperti balok T, dimana balok dianggap terdiri dari 2 bagian seperti Gambar 3.3.

- Bagian I terdiri dari tulangan tekan dan sebagian tulangan tarik yang mengimbangi tulangan tekan tersebut.

$$T_1 = C_s \quad \rightarrow \quad A_{s1}f_s = A'_s f'_s$$



Gambar 3.3. Bagian-bagian Balok Tulangan Rangkap

- Bagian II terdiri dari beton yang tertekan dan sisa tulangan tarik ($A_s - A'_s$).

$$T_2 = C_c \quad \longrightarrow \quad (A_s - A'_s) f_s = 0,85 f'_c b a$$

Berdasarkan IX.1 dapat dibuktikan bahwa

$$\epsilon'_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) 0,003$$

Jika $\epsilon'_s \geq \epsilon_s$, maka $f'_s = f_y$. Substitusi $c = \frac{a}{\beta_1}$ pada persamaan di atas, diperoleh

$$\epsilon'_s = \left(1 - \frac{\beta_1 d'}{a} \right) 0,003$$

Untuk $\epsilon'_s = \epsilon_y$ dan $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{200.000}$, maka diperoleh nilai $\left(\frac{d'}{a} \right)_{batas}$ dimana tulangan tekan pas akan leleh,

$$\left(\frac{d'}{a} \right)_{lim} = \frac{1}{\beta_1} \left(1 - \frac{f_y}{600} \right)$$

Jika nilai $d'/a > \left(\frac{d'}{a} \right)_{lim}$, maka tulangan tekan tidak leleh.

Jika nilai $d'/a < \left(\frac{d'}{a} \right)_{lim}$, maka tulangan tekan sudah leleh.

Jika tulangan tekan sudah leleh, perhitungan akan lebih mudah dibandingkan dengan jika tulangan tekan tidak leleh.

2.4.3 Rasio Tulangan Tarik Maksimum pada Balok dengan Tulangan Rangkap

SNI Beton membatasi tulangan tarik maksimum pada Balok dengan Tulangan Rangkap sbb,

- Untuk kondisi tulangan tekan sudah leleh,

$$\rho_{maks} = 0,75 (\rho - \rho')_b$$

Dimana

$$(\rho - \rho')_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

- Untuk kondisi tulangan tekan belum leleh

$$\rho_{maks} = 0,75 \left(\rho - \frac{\rho' f'_s}{f_y} \right)_b$$

dimana

$$\left(\rho - \frac{\rho' f'_s}{f_y} \right)_b = \frac{0,85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

2.4.4 Disain Tulangan Rangkap pada Balok

- Bila momen cukup besar untuk dipikul suatu penampang dengan ukuran tertentu,
- Sehingga jika dipaksakan dengan tulangan tunggal $\rightarrow \rho > \rho_{maks}$
- Keruntuhan yang akan terjadi pada balok berupa keruntuhan tekan (overreinforced),
- Keruntuhan tekan adalah keruntuhan yang tidak diinginkan,

Maka ada 2 alternatif yang dapat dilakukan :

1. Perbesar ukuran penampang, atau
2. Pasang tulangan rangkap.

Bila tulangan rangkap yang menjadi pilihan, maka agar $\rightarrow \rho > \rho_{maks}$ tidak dilampaui, tinggi garis netral c harus ditetapkan pada suatu nilai yang berkaitan dengan $\rightarrow \rho > \rho_{maks}$. Jika garis netral batas yang ditetapkan tersebut adalah c_u , maka

$$\frac{c_u}{d} = 0,75 \frac{c_b}{d} = 0,75 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

untuk $f_y = 400 \text{ Mpa} \rightarrow \frac{c_u}{d} = 0,75 \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,45$.

Dari diagram regangan

$$\frac{\epsilon'_s}{0,003} = \frac{c_u - d'}{c_u}$$

Jika tulangan tekan $f_y = 400 \text{ Mpa}$ sudah leleh $\rightarrow \epsilon'_s = 0,002$

Sehingga didapat

$$\frac{0,45d - d'}{0,45d} = \frac{0,002}{0,003} = \frac{2}{3}$$

Akhirnya diperoleh $d' = 0,15d$.

Artinya

$$d' < 0,15d \quad (\text{untuk } f_y = 400 \text{ Mpa})$$

merupakan kondisi tulangan tekan sudah leleh, jika ρ_2 diambil =

ρ_{maks} tulangan tunggal.

2.4.5 Balok Extreme

Pengertian balok *extreme* yang akan ditinjau pada analisa kali ini adalah suatu elemen struktur (balok) yang memikul gaya momen lendutan dan geser paling maksimal diantara elemen struktur (balok) pemikul momen lendutan dan geser yang lain dengan memperhatikan panjang bentang, dimensi penampang dan beban yang diterima.

2.5 Software Bantu Perhitungan Struktur STAAD-PRO 2004

Research Engineering Inc. (developer STAAD Pro 2004) mengembangkan program STAAD yang merupakan salah satu perangkat lunak untuk analisa dan desain struktur yang berorientasi objek (*object oriented program*). Keunggulan yang sangat dominan adalah kemudahan dalam permodelan, definisi beban, generasi beban, penentuan parameter desain dan ditambah *script file* yang mudah dibaca serta dimodifikasi. *Structural Analysis and Design* (STAAD Pro 2004) merupakan salah satu program struktural yang mampu melakukan analisa dinamik baik *Spectrum Response Analysis* maupun *Time History Analysis*.

Untuk dapat menggunakan program dengan benar diperlukan pemahaman yang cukup mengenai latar belakang teori yang digunakan untuk membuat program komputer tersebut. Memahami setiap opsi-opsi dari program yang akan digunakan, termasuk pemasukan data yang tepat dan mengetahui sejauh mana solusi yang dihasilkan masih dapat diterima. Misal pemakaian program analisa struktur umum yang menghasilkan lendutan struktur yang besar meskipun program tersebut berjalan dengan mulus (tidak mengeluarkan *warning*), dan sebagainya. Latar belakang teori yang dipakai, pada umumnya disampaikan pada setiap manual yang disertakan.

Umumnya manual yang disertakan cukup lengkap, bahkan terlalu lengkap (sangat tebal) dan untuk memahaminya diperlukan latar belakang pendidikan yang mencukupi. Dalam konteks lain, disadari bahwa program-program rekayasa yang tersedia juga mengikuti trend *software*

pada umumnya yang dilengkapi efek visual yang menarik sehingga program yang dibuat semakin mudah untuk digunakan tanpa perlu membaca secara khusus petunjuk dari manual yang disediakan. Hal tersebut juga ditunjang dengan tuntutan pasar bahwa pemakaian program komputer adalah sesuatu yang mutlak dalam bisnis yang semakin ketat ini, karena memberikan kesan canggih yang membantu dalam segi marketing untuk jasa konsultasi teknik yang akan ditawarkan.

2.5.1 Fungsi Staad Pro 2004 Dalam Perhitungan Struktur Tahan Gempa

Program bantu staad pro 2004 dalam studi kali ini sangat diperlukan untuk menghitung pembebanan, momen, berat bangunan, dll serta untuk perhitungan beban gempa baik menggunakan metode analisa statik ekuivalen dan dinamik karena jauh lebih cepat dan lebih teliti mengingat struktur yang ditinjau merupakan *Highraise building* (bangunan tingkat tinggi) yang memerlukan ketelitian yang lebih akurat.

Dalam perhitungan beban gempa itu sendiri, ada tahapan tersendiri untuk memasukkan beban gempanya yang masing-masing metode sudah berbeda pengaplikasiannya. Point utama pada saat memasukkan beban gempa statik ekuivalen adalah mencari berat masing-masing lantai dan mencari reaksi tumpuan dengan perintah yg telah tersedia pada program bantu tersebut. Kemudian diaplikasikan menurut wilayah gempa dan parameter-parameter beban gempa statik. Sedangkan untuk gempa dinamik,

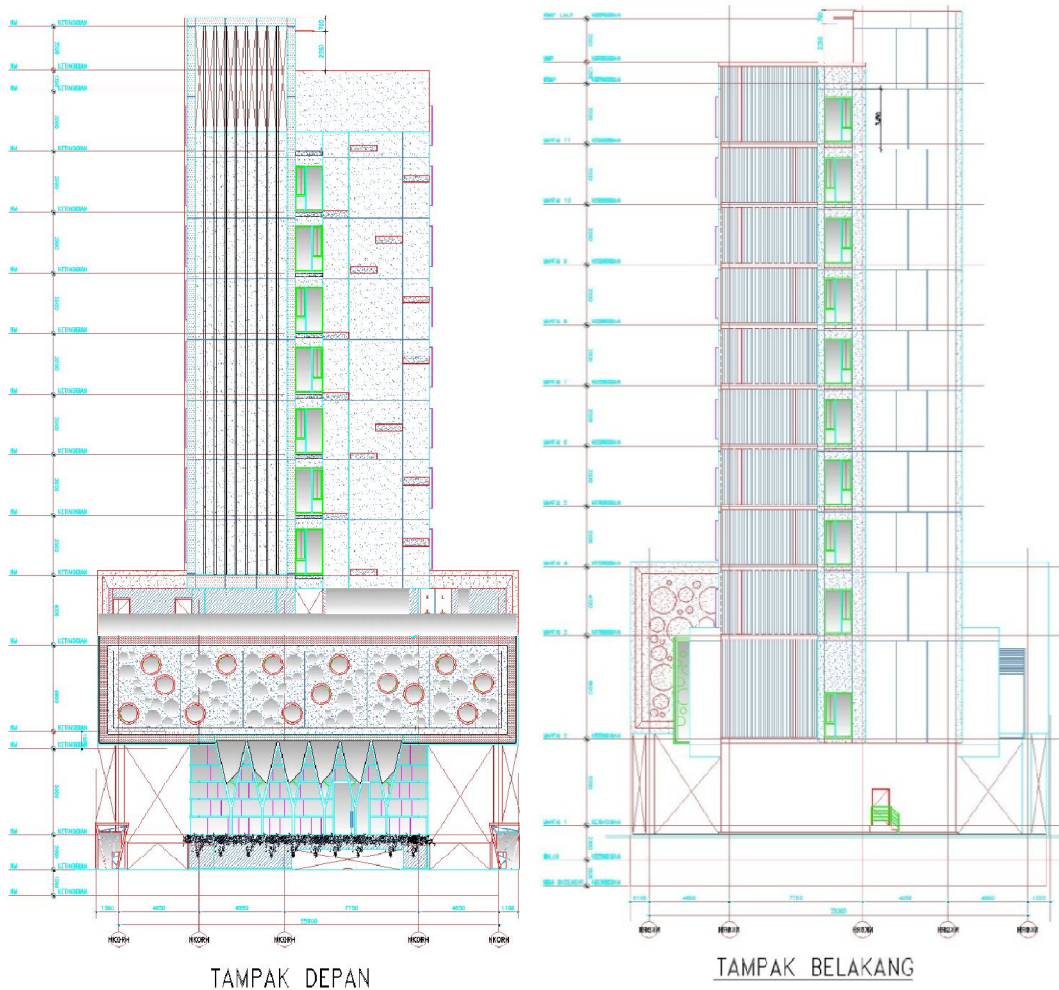
point utamanya adalah menambahkan perintah *respons spectrum* pada program bantu tersebut dan mengisikan diagram *respons* yang telah tersedia pada program bantu staad pro 2004.

BAB III

GEOMETRI DAN PEMBEBANAN STRUKTUR

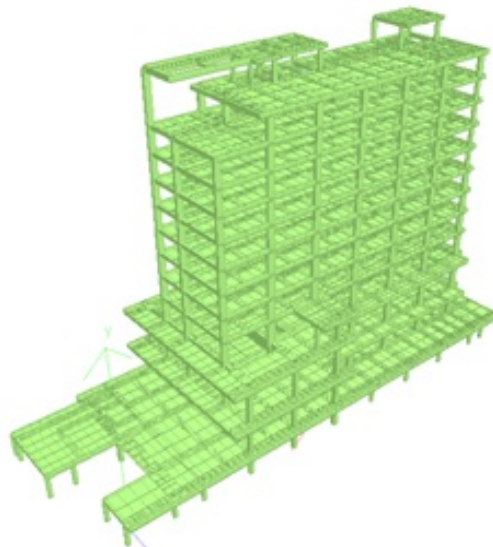
3.1 Permodelan Struktur

Struktur bangunan Hotel Ibis Styles Malang terdiri atas dua bagian bangunan yang menjadi satu. Kedua bagian bangunan dimodelkan dalam satu struktur tanpa dilakukan dilatasi karena mengingat fungsi bangunan sebagai hotel yang sangat memperhatikan aspek estetika. Bangunan ini memiliki 12 lantai dan 1 lantai semi *basement* dengan sistem portal dan rangka pemikul beban lateral (*shear wall* dan *core wall*) serta mempunyai dimensi balok dan kolom yang beragam. Permodelan struktur *Existing* ditampilkan pada Gambar 3.1



A. Geometri Struktur 3dimensi Menggunakan Program *Staad Pro 2004*

Sesuai Data *Existing* Gedung



Gambar 3.1. Geometri struktur 3dimensi

3.2 Jenis Pembebanan Struktur yang Digunakan

3.2.1 Beban Sendiri Struktur (*Self Weight*)

Berat sendiri elemen struktur terdiri dari berat sendiri elemen plat lantai, balok, kolom, *drop panel*, ramp parkir, tangga dan *core/shear wall*. Berat sendiri elemen struktural tersebut akan dihitung otomatis sebagai *self weight*.

3.2.2 Beban Mati (*Dead Load*)

Selain berat sendiri elemen struktural, dengan cara yang sama pada beban sendiri juga terdapat beban lain yang berasal dari elemen arsitektural bangunan (berdasarkan Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, 1987), yaitu:

- Beban lantai (spesi + keramik) = 90 kg/m^2
- Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2
- Beban dinding bata (3,5 m) = $3,5 \times (250 \text{ kg/m}^2) = 875 \text{ kg/m}$
Beban dinding bata (4 m) = $4 \times (250 \text{ kg/m}^2) = 1000 \text{ kg/m}$
Beban dinding bata (5 m) = $5 \times (250 \text{ kg/m}^2) = 1200 \text{ kg/m}$
Beban dinding bata (6 m) = $6 \times (250 \text{ kg/m}^2) = 1500 \text{ kg/m}$
- Ducting AC = 5 kg/m^2

3.2.3 Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup pada lantai gedung diambil sesuai dengan standar Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1987, yaitu :

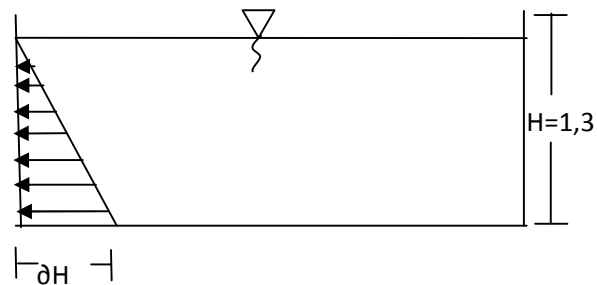
Lantai struktur gedung perhotelan = 250 kg/m^2

Lantai ruang mesin *lift* maupun lantai parkir = 400 kg/m^2

Lantai atap gedung perhotelan = 100 kg/m^2

3.2.4 Beban Hidrostatik Air Dalam Kolam Renang (Lantai 3)

Pada beban hidrostatik air dilantai 3 terdapat 2 buah kolam renang dan 1 kolam untuk mengontrol isi air pada dua kolam tersebut. Untuk mendapatkan nilai tekanan dan gaya tekanan air dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini untuk kolam dengan kedalaman 1,3m.



Gambar 3.2. gaya hidrostatik air

Diketahui:

- Berat jenis Air (γ) = 1000 kg/m^3

Maka:

- $\gamma H = 1000 \cdot 1,3 = 1300 \text{ kg/m}^2$

3.2.5 Beban Kombinasi (*Combination Load*)

Setelah pemberian beban-beban diatas dan sebelum pemberian beban gempa baik beban gempa statik ekuivalen maupun dinamik perlu ditambahkan beban kombinasi untuk mengetahui balok Extreme yang

akan ditinjau. Beban kombinasi yang digunakan adalah 1.2 beban mati (*Dead Load*) + 1.6 beban hidup (*Live Load*) + 1.5 beban hidrostatis air.

3.3 Balok *Extreme*

Pengertian balok *extreme* yang akan ditinjau pada analisa kali ini adalah suatu elemen struktur (balok) yang memikul gaya momen lendutan dan geser paling maksimal diantara elemen struktur (balok) pemikul momen lendutan dan geser yang lain dengan memperhatikan panjang bentang, dimensi penampang dan beban yang diterima.

Dari pembebanan diatas maka didapatkan hasil seperti pada tabel dimana diambil 15 nilai batang (*beam*) dan diurutkan dari yang terbesar.

Beam	L/C	Node	Axial Force kg	Shear-Y kg	Shear-Z kg	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
340	6	198	-10.385.991	26.484.558	432.063	-2.323	-9.117	431.415
3160	6	177	525.338	19.590.730	18.216	-4.600	0.120	-425.540
3167	6	178	483.543	18.727.607	-24.755	4.023	-0.191	-406.003
3449	6	441	16.909.911	-12.580.438	-436.470	-22.036	4.153	397.663
753	6	441	3.486.074	-21.893.260	-884.773	-5.950	7.969	-390.914
3495	6	391	9.761.933	-19.657.510	-715.198	15.979	-3.053	385.295
3448	6	392	-1.434.346	-12.667.920	80.079	5.710	-1.836	376.696
3407	6	442	4.884.494	-7.346.071	690.614	72.061	0.979	370.058
3606	6	2788	-2.216.379	-10.604.338	584.676	26.573	4.124	366.959
3407	6	2788	-4.884.494	7.406.071	-690.614	-72.061	-0.640	-366.441

Tabel 3.1. Nilai beam extreme dari yang terbesar

Dari tabel diatas dapat diketahui momen yang terbesar terdapat pada *beam* 340 dengan nilai 431.415 kNm. Maka dari itu *beam* 340 bisa dikatakan sebagai segmen balok *Extreme* pada struktur gedung Hotel Ibis Styles Malang.

3.4 Beban Gempa (*Quake Load*)

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03- 1726-2002). Pada Skripsi kali ini Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan dua metode yaitu metode analisis Statik Ekuivalen dan metode analisis Dinamik Respon Spektrum dimana dampak kedua analisa gempa tersebut akan disimpulkan dan dikaji pada **Balok Extreme** (*balok yang secara struktural menahan gaya lintang, normal dan momen*). Langkah-langkah pemberian beban gempa adalah sebagai berikut :

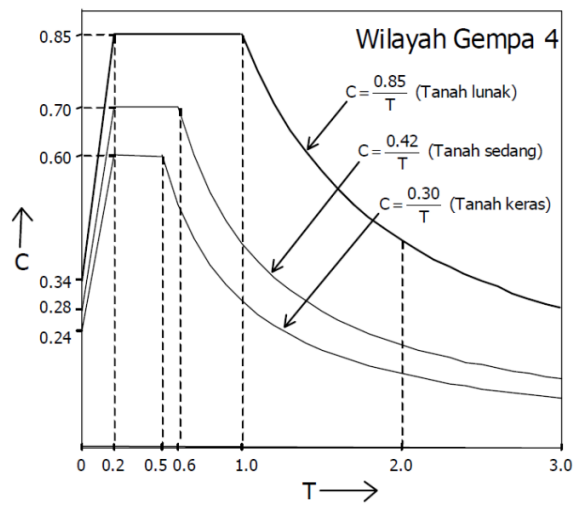
3.4.1 Metode Statik Ekuivalen

- Mencari berat masing-masing lantai pada struktur dengan program bantu staad pro 2004.
- Mencari pusat massa pada masing-masing lantai dengan menambahkan perintah CG (*Center Gravity*). berikut ini adalah tabel pusat massa struktur gedung dari lantai 1 – lantai atap.

TINGKAT	Pusat Massa		
	x	y	z
1	33,92	3,50	-12,31
2	36,21	8,50	-12,16
3	34,98	14,50	-12,02
4	38,78	18,50	-12,17
5	39,59	22,00	-12,23
6	39,60	25,50	-12,15
7	39,49	29,00	-12,20
8	39,48	32,50	-12,12
9	39,47	36,00	-12,11
10	39,48	39,50	-12,11
11	39,62	43,00	-12,15
ATAP	43,12	46,50	-12,22

Tabel 3.2. Nilai Pusat massa masing-masing lantai

- Menentukan wilayah gempa, dimana negara kita memiliki 6 wilayah gempa sesuai dengan potensi dan kekuatan gempa yang ada pada daerah tersebut. Karena hotel Ibis Styles terletak dikota Malang maka wilayah yang digunakan adalah wilayah gempa IV.



Gambar 3.3. Wilayah gempa IV

- Mencari gaya geser total yang terjadi pada struktur dengan rumus $V_{tot} = C . I . Wt / R$

Dimana:

V_{tot} = Gaya geser total

C = Faktor percepatan tanah

Sebelum menentukan nilai C perlu diketahui terlebih dahulu nilai T yaitu nilai waktu getar struktur sesuai dengan

jenis material struktur yang merupakan struktur beton atau struktur baja.

$$\text{Untuk struktur beton } T = 0,06 h^{3/4}$$

$$\text{Untuk struktur baja } T = 0,0682 h^{3/4}$$

Karena struktur gedung Hotel Ibis Styles malang merupakan struktur beton maka nilai waktu getar struktur diambil ;

$$\begin{aligned} T &= 0,06 h^{3/4} \\ &= 0,06 \times 46,50^{3/4} \\ &= 1,07 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setelah nilai waktu getar struktur diketahui maka nilai C (faktor percepatan tanah) bisa diketahui. Pada wilayah gempa 4 dapat diketahui bahwa nilai C sebagai berikut;

$$C = \frac{0,85}{T} \text{ (tanah lunak)}$$

$$C = \frac{0,42}{T} \text{ (tanah sedang)}$$

$$C = \frac{0,30}{T} \text{ (tanah keras)}$$

Karena struktur Ibis Styles Malang pada bahasan ini direncanakan diatas tanah sedang, maka faktor percepatan tanah diambil;

$$C = \frac{0,42}{T} = \frac{0,42}{1,07} = 0,393$$

I = Faktor keutamaan struktur

Untuk faktor keutamaan struktur dapat dilihat pada tabel berikut ;

FAKTOR KEUTAMAAN STRUKTUR

KATEGORI GEDUNG	FAKTOR KEUTAMAAN		
	<i>I</i> ₁	<i>I</i> ₂	<i>I</i>
Gedung umum ; perumahan, perniagaan, perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa ; rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan darurat, fasilitas media elektronik	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya ; gas, minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,6	1,0	1,5

Tabel 3.3. Faktor keutamaan struktur

*I*₁ = Tergantung probabilitas kejadian gempa yang diharapkan selama umur bangunan,

*I*₂ = Tergantung fungsi dan kategori gedung,

I = Faktor Keutamaan. $I = I_1 \times I_2$

Dari tabel diatas maka faktor keutamaan struktur diambil nilai 1,0.

R = Faktor Reduksi

Adalah kemampuan struktur berdeformasi diukur dari sejak pertama tulangan leleh hingga roboh. Parameter daktilitas struktur dapat dilihat pada tabel berikut ;

PARAMETER DAKTILITAS STRUKTUR GEDUNG

TARAF KINERJA STRUKTUR GEDUNG	μ	R
<i>ELASTIS PENUH</i>	1,0	1,6
<i>DAKTAIL PARSIAL</i>	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
5,0	8,0	
<i>DAKTAIL PENUH</i>	5,3	8,5

Tabelr 3.4. Parameter daktilitas struktur gedung

μ = faktor daktilitas struktur

Sesuai tabel diatas untuk faktor daktilitas struktur diambil nilai $\mu = 5,3$ dan R digunakan nilai 8,5.

W_t = Berat total struktur dan beban hidup reduksi.

Berat total struktur dan beban hidup reduksi dapat diketahui setelah mencari berat masing-masing lantai dari lantai 1 – lantai atap menggunakan beban kombinasi 1DL + 0,5LL. Berikut ini tabel berat masing-masing lantai dan berat total struktur;

TINGKAT	ELEVASI (hi)	BERAT (Wi)
1	3,50	1.467.857,50
2	8,50	938.466,81
3	14,50	1.044.601,19
4	18,50	528.656,00
5	22,00	473.541,81
6	25,50	463.786,88
7	29,00	464.417,44
8	32,50	432.322,91
9	36,00	432.337,31
10	39,50	431.832,78
11	43,00	434.074,25
ATAP	46,50	345.197,81
W_{total}		7.457.092,7

Tabel 3.5. Berat masing-masing lantai

Seperti pada tabel maka, nilai $W_t = 7.475.092,7$ kg.

Dari data diatas maka gayang geser total struktu dapat dihitung.

$$\begin{aligned} V_{tot} &= C \cdot I \cdot W_t / R \\ &= 0,393 \times 1,0 \times 7.457.092,7 / 8.5 \\ &= 344.780,9\text{kg} = 344,781\text{ton} \end{aligned}$$

- Menentukan gaya geser masing-masing lantai setelah ditentukan nilai V_{tot} , dengan rumus sebagai berikut;

$$V_i = (W_i \times H_i) / \sum (W_i \times H_i) \times V_{tot}$$

Dimana :

V_i = Gaya geser masing-masing lantai

W_i = Berat masing-masing lantai

H_i = Elevasi tinggi gedung

V_{tot} = Gaya geser total

Lantai 1

$$V_i = (1.467.857,50 \times 3,50) / \sum((155.142.836,8) \times 344.780,9)$$

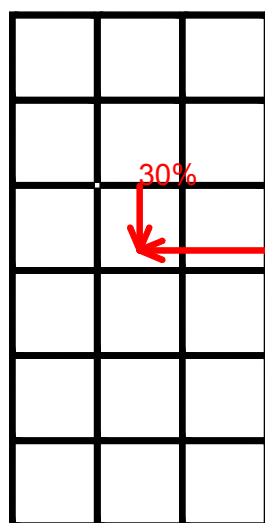
$$= 11.417,30 \text{ kg} = 11,420 \text{ ton}$$

Dengan perhitungan yang sama berikut ini adalah tabel gaya geser masing-masing lantai (V_i),

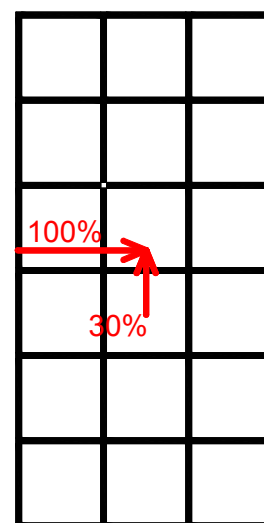
TINGKAT	ELEVASI (hi)	BERAT (Wi)	hi x Wi	Fi x .y
				$V_i = W_i \cdot H_i / \sum [W_i \cdot H_i] \cdot V_{tot}$
1	3,50	1.467.857,50	5.137.501,25	11.417,30
2	8,50	938.466,81	7.976.967,90	17.727,57
3	14,50	1.044.601,19	15.146.717,23	33.661,23
4	18,50	528.656,00	9.780.136,00	21.734,83
5	22,00	473.541,81	10.417.919,86	23.152,21
6	25,50	463.786,88	11.826.565,31	26.282,71
7	29,00	464.417,44	13.468.105,70	29.930,77
8	32,50	432.322,91	14.050.494,45	31.225,04
9	36,00	432.337,31	15.564.143,23	34.588,89
10	39,50	431.832,78	17.057.394,85	37.907,41
11	43,00	434.074,25	18.665.192,75	41.480,49
ATAP	46,50	345.197,81	16.051.698,26	35.672,41
		7.457.092,7	155.142.836,8	344.780,9

Tabel 3.6. gaya geser masing-masing lantai (V_i)

- Membebankan gaya geser masing-masing lantai pada pusat-pusat massa lantai dengan ketentuan (100% sumbu utama/bentang pendek dan 30% arah tegak lurusnya).



Arah Utara-Selatan



Arah Selatan-Utara

Gambar 3.4. Pembagian beban gempa pada pusat massa lantai

- Kombinasi beban :

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,5 \text{ HL} + 1,05 \text{ EqL U-S}$$

$$1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 1,5 \text{ HL} + 1,05 \text{ EqL S-U}$$

Kinerja Batas Layan (Δ_s) dan Kinerja Batas Ultimit (Δ_m)

$$\frac{0,03}{R} \times h_l$$

$$\frac{0,03}{0,85} \times 5 = 0,18$$

$$\Delta_m = 0,02 \times 5 = 0,1$$

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V = \frac{1467857,500 \cdot 5}{12 \cdot 1467857,500 \cdot 5} \cdot 344780,9 = 28732 \text{ kg}$$

> Waktu getar alami fundamental (Rayleigh)

SNI-1726-2002

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} \quad (28)$$

di mana W_i dan F_i mempunyai arti yang sama seperti yang disebut dalam Pasal 6.1.3, d_i adalah simpangan horisontal lantai tingkat ke- i dinyatakan dalam mm dan 'g' adalah percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar 9810 mm/det².

6.2.2 Apabila waktu getar alami fundamental T_1 struktur gedung untuk penentuan Faktor Respons Gempa C_1 menurut Pasal 6.1.2 ditentukan dengan rumus-rumus empirik atau didapat dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung menurut Pasal 6.2.1.

menghitung nilai d_i

didapat dari staad proo cek story drift

$$x = 1,53$$

$$y = 8,71$$

$$d_i = \sqrt{x^2 + y^2} = 8,8433591 \quad \text{cm}$$

$$T_1 = 63 \cdot \frac{12 \cdot 1467857,500 \cdot 8,84^2}{98,1 \cdot 12 \cdot 28732 \cdot 8,84}$$

$$T_1 = 63 \cdot 0,016507937$$

$$= 1,04 \quad \text{det}$$

3.4.2 Metode Analisis Dinamik Respon Spectrume

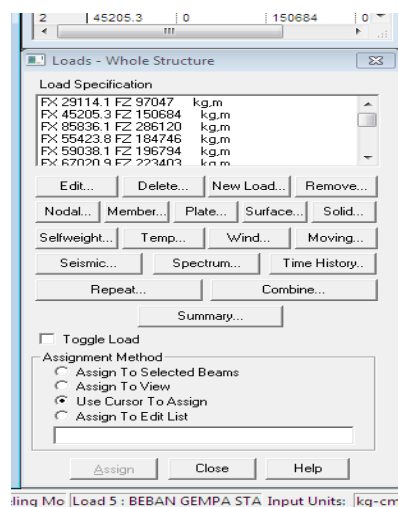
Pemberian beban gempa dinamik hampir sama dengan memberi beban statik ekuivalen. Sebelum pemberian beban perlu diketahui terlebih dahulu yaitu berat masing-masing lantai pada struktur dan pusat massa pada masing-masing lantai.

Setelah beban tersebut diketahui maka langkah selanjutnya adalah memindahkan berat masing-masing lantai ke pusat massa.

Yang membedakan pemberian beban gempa dinamik dengan gempa statik ekuivalen pada program STAAD PRO 2004 adalah pemberian beban “Spectrume” (digoyang gempa).

Berikut ini adalah pemberian beban spectrum dan langkah – langkahnya.

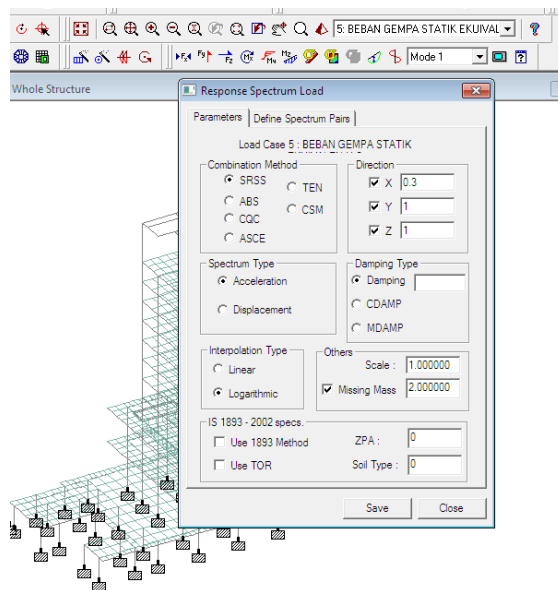
1. Setelah pemberian gaya geser statik pada pusat massa (*center gravity*) dengan ketentuan 100% sumbu utama/bentang pendek dan 30% arah tegak lurus nya, memberikan gaya *spectrume* yang artinya digoyang gempa.



Gambar 3.5. print screen perintah Spectrum

2. Mengisi tabel Respon Spectrume yang telah tersedia

○ **Parameter**



Gambar 3.6. print screen tabel Respons Spectrume Load

- **Combination Method**

Adalah cara statistik mencari resultan masing-masing mode shape agar mewakili semua mode shape yang mungkin terjadi. Klik SRSS.

SRSS : Summary of Root Sum Square

- **Spectrume Type**

Pilih Acceleration karena pada grafik C = percepatan bukan Displacement yang berarti perpindahan.

- **Interpolation Type**

Memilih *Logaritmik* karena pada grafik spectrume pertambahan nilainya tidak sama, atau tiadak linier.

- **Damping Type**

Damping type adalah penyerapan gaya gempa tergantung jenis material. Sesuai SNI 2002 untuk perencanaan gedung tahan gempa 10% untuk material beton dan 5% untuk material baja.

- **Skala (Scale)**

Mengisikan nilai 1 pada *scale* yang berarti gaya 1 = massa 1 kg yang dikenai percepatan gravitasi bumi $9,8 \text{ m/det}^2$.

- **Missing mass**

Adalah koefisien untuk jenis tanah dasar dimana nilainya sebagai berikut :

Tanah keras : 1

Tanah Sedang : 2

Tanah Lunak : 3

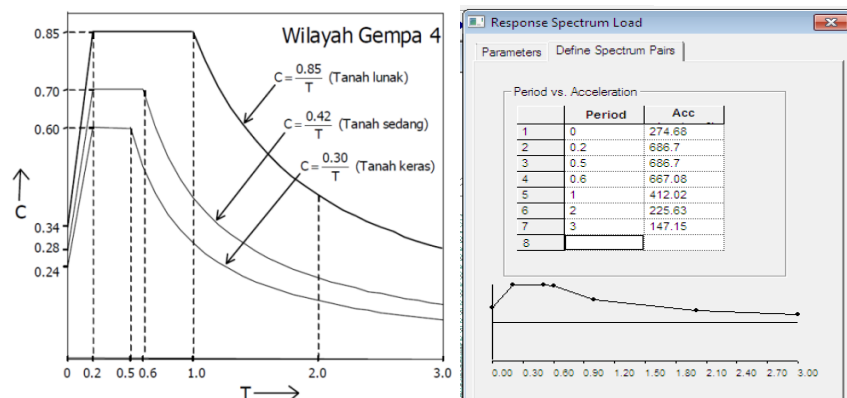
- Define Spectrume Pairs

Mengisikan *Period* / waktu dan *Acceleration* / percepatan sesuai dengan wilayah gempa struktur gedung itu berdiri.

Karena struktur hotel Ibis Styles malang berdiri di kota malang dengan wilayah gempa 4 dengan jenis tanah sedang dan Acceleration dikenai gaya percepatan garfitasi 9,81 m/det², tabel tersebut diisikan sebagai berikut :

Period	Acc	Acc x gravitasi
0	28	274,68
0,2	70	686,7
0,5	70	686,7
0,6	68	667,08
1	42	412,02
2	23	225,63
3	15	147,15

Tabelr 3.7. Nilai period dan acceleration



Gambar 3.7. print screen grafik period dan Acceleration

BAB IV
ANALISA PERBANDINGAN GEMPA
STATIK EKUIVALEN DAN DINAMIK

4.1 Momen yang terjadi pada balok *Extreme* akibat pembebanan struktur

Dari analisa pembebanan struktur menggunakan program bantu STAAD PRO 2004 yang meliputi beban sendiri (*self weight*), beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban hidrostatik air (*hidrostatic load*) dengan beban kombinasi (*combination load*) $1,2DL + 1,6LL + 1,5 HL$, maka dapat disimpulkan bahwa balok yang dapat dikatakan extreme adalah balok dengan nomor batang 340 dengan nilai sebagai berikut :

Beam	L/C	Node	Axial Force kg	Shear-Y kg	Shear-Z kg	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
340	6	198	-10.385.991	26.484.558	432.063	-2.323	-9.117	431.415
340	5	198	-1.856.436	18.694.148	547.812	-6.435	-8.968	279.505
340	5	2900	1.856.436	-16.534.145	-547.812	6.435	-0.702	31.419
340	6	2900	10.385.991	-24.324.557	-432.063	2.323	1.490	17.025

Tabel 4.1 Momen pada balok Extreme akibat pembebanan struktur

4.2 Momen yang terjadi pada balok *Extreme* akibat beban gempa Statik

Setelah pemberian beban gempa (*earthquake load*) pada struktur menggunakan beban gempa statik ekuivalen yang menggunakan beban kombinasi (*combination load*) $1,2DL + 1,6LL + 1,5HL + 1,05 EqL$ diperoleh hasil momen akibat beban gempa statik murni sebesar.

Beam	L/C	Node	Axial Force kg	Shear-Y kg	Shear-Z kg	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
340	6	198	-4.155.293	-4.776.400	851.361	34.031	-11.442	-127.701
340	5	198	4.155.293	4.776.400	-851.361	-34.031	11.442	127.701
340	6	2900	4.155.293	4.776.400	-851.361	-34.031	-3.586	43.388
340	5	2900	-4.155.293	-4.776.400	851.361	34.031	3.586	-43.388

Tabel 4.2 Momen pada balok Extreme akibat gempa statik

4.3 Momen pada balok Extreme akibat beban gempa Dinamik

Seperti pada pembebanan gempa menggunakan metode statik, dalam pembebanan gempa dinamik juga digunakan beban kombinasi (*combination load*) dengan nilai $1,2DL + 1,6LL + 1,5HL + 1,05 EqL$. Dari pembebanan gempa dinamik dan kombinasi beban tersebut diperoleh nilai momen akibat gempa dinamik murni sebagai berikut :

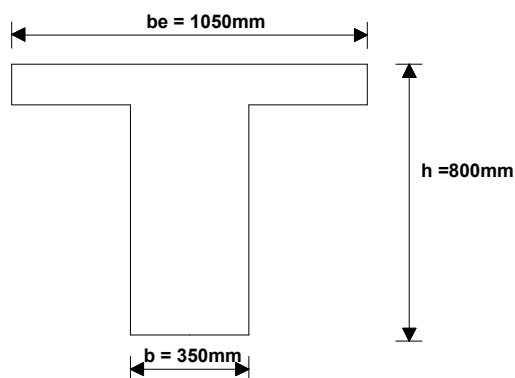
Beam	L/C	Node	Axial Force kg	Shear-Y kg	Shear-Z kg	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
340	5	198	2.842.856	3.817.174	603.853	23.322	7.682	105.383
340	5	2900	2.842.856	3.817.174	603.853	23.322	2.985	38.081

Tabel 4.3 Momen pada balok Extreme akibat gempa dinamik

4.4 Letak / Posisi Balok Extreme

Batang (*beam*) nomor 304 dalam perhitungan penulangan selanjutnya tidak berdiri sendiri sebagai satu struktur balok akan tetapi merupakan rangkaian dari *beam* lain yang menjadi satu kesatuan struktur balok.

Posisi balok berada pada portal memanjang line 3 lantai 3 seperti pada lampiran gambar dengan dimensi $b = 350 \text{ mm}$, $h = 800 \text{ mm}$, dan $L = 7200 \text{ mm}$.

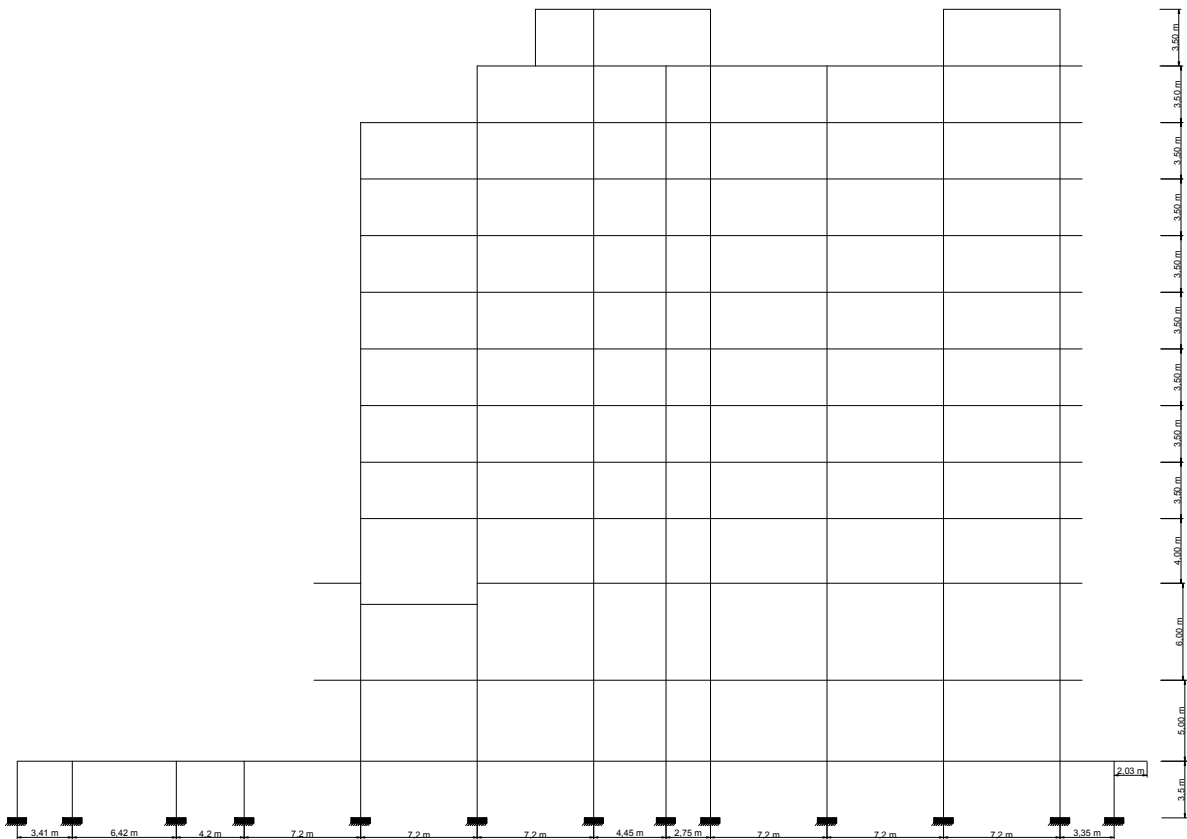


Gambar 4.1 Dimensi balok extreme

4.7 Perbandingan Momen Pada Portal

Selain membandingkan pada balok *extreme*, perbandingan analisa gempa statik ekuivalen dan gempa dinamik juga dilakukan pada balok yang ada pada portal dengan nilai momen terbesar pada masing-masing lantai.

Berikut ini adalah gambar portal dan penomoran balok yang ada.



Gambar 4.2 Portal memanjang yang ditinjau

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 diperoleh nilai momen akibat kedua beban gempa tersebut dan diambil yang terbesar dari tiap-tiap lantainya. Adapun hasil sebagai berikut ;

Lantai	No.Balok	Gaya Lintang (Fy) kg		Momen (Mz) kNm	
		Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
1	7	+ 2803,508	+ 3980	+ 67,794	- 74,557
2	17	+ 4298,819	+ 7555	+ 116,413	- 137,046
3	25	+ 13130	+ 4776	+ 175,221	- 127,701
4	34	+ 4140,333	+ 6068	+ 99,01	- 114,434
5	42	+ 4013	+ 5908	+ 94,765	- 112,734
6	50	+ 3972	+ 5759	+ 93,35	- 109,615
7	58	+ 3671,047	+ 5194	+ 84,694	- 101,212
8	70	+ 1086	+ 2618	+ 56,5	- 73,058
9	74	+ 2677,873	+ 3726	+ 60,89	- 72,673
10	82	+ 1058	+ 1983	+ 47,205	- 56,418
11	94	+ 1087,113	+ 1757	+ 43,467	- 51,497
12	101	+ 1900,576	+ 1346	+ 57,083	- 46,632

Tabel 4.4 Momen pada balok Extreme tiap lantai akibat gempa statik

Lantai	No.Balok	Gaya Lintang (Fy) kg		Momen (Mz) kNm	
		Kiri	Kanan	Positif	Negatif
1	7	+ 1830	+ 2159	+ 39,501	- 40,940
2	17	+ 3474	+ 4187	+ 69,873	- 75,871
3	25	+ 8615	+ 3817	+ 115,111	- 105,383
4	34	+ 3109	+ 3608	+ 67,985	- 70,063
5	42	+ 2970	+ 3583	+ 64,523	- 70,100
6	50	+ 2904	+ 3529	+ 63,368	- 68,819
7	58	+ 2685	+ 3280	+ 58,154	- 64,481
8	70	+ 638,801	+ 1526	+ 20,277	- 41,079
9	74	+ 2021	+ 2495	+ 43,426	- 49,338
10	82	+ 1608	+ 1969	+ 34,768	- 38,859
11	94	+ 594,324	+ 1136	+ 25,07	- 31,816
12	101	+ 1237	+ 874,415	+ 37,451	- 29,531

Tabel 4.5 Momen pada balok Extreme tiap lantai akibat gempa Dinamik

Dari hasil momen diatas dapat disimpulkan bahwa momen akibat beban gempa statik lebih besar dari momen akibat beban gempa dinamik. Akan tetapi untuk perhitungan penulangan diperlukan nilai momen akibat kombinasi beban baik beban mati, beban hidup, beban hidrostatis air, dan

beban gempa. Dari hasil *running* STAAD PRO 2004 diperoleh momen akibat kombinasi beban seperti pada tabel 4.6.

Sesuai hasil momen dan gaya lintang pada tabel 4.6 maka tulangan dapat dihitung, dengan cara yang sama seperti perhitungan tulangan pada balok *extreme* maka didapat hasil perhitungan kebutuhan tulangan seperti pada tabel 4.7.

Dari perbedaan jumlah tulangan akibat kedua beban gempa tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah tulangan akibat beban gempa dinamik lebih banyak dari pada jumlah tulangan akibat beban gempa statik. Perbedaan dapat dilihat pada tabel 4.8 yang disebutkan dalam persen.

Lantai	No.Balok	Dimensi	Tumpuan		Lapangan	
			Tarik %	Tekan%	Tarik %	Tekan%
1	7	400 x 600	40	33	33	0
2	17	400 x 600	50	33	33	0
3	25	350 x 800	29	25	0	0
4	34	300 x 600	40	33	33	0
5	42	300 x 600	40	33	33	0
6	50	300 x 600	60	33	33	0
7	58	300 x 600	40	33	33	0
8	70	300 x 600	0	0	0	0
9	74	300 x 600	40	33	33	0
10	82	300 x 600	40	33	33	0
11	94	300 x 600	0	0	0	0
12	101	400 x 600	0	0	33	0

Tabel 4.8 Perbandingan jumlah tulangan akibat kedua beban gempa dalam persen

Tabel 4.6.Nilai momen Kombinasi Kedua Beban Gempa Untuk Perhitungan Tulangan

Lantai	No.Balok	Akibat Gaya Gempa Statik Ekuivalen						Akibat Gaya Gempa Dinamik					
		Gaya Lintang (Fy) kg			Momen (Mz) kNm			Gaya Lintang (Fy) kg			Momen (Mz) kNm		
		Kiri	Kanan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Lapangan	Kiri	Kanan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
1	7	-	10004 +	13767,5 -	125,815 +	62,907 -	8964,4 +	20230 -	201,995 +	60,247 +	60,247 +		
2	17	-	14086 +	18695,37 -	179,649 +	77,498 -	13179 +	31550 -	311,021 +	83,537 +	83,537 +		
3	25	-	27875 +	17722,05 -	394,563 +	410,79 -	34140 +	38460 -	559,584 +	352,971 +	352,971 +		
4	34	-	7437,7 +	4328 -	98,513 +	33,768 -	5681,8 +	15200 -	207,334 +	63,19 +	63,19 +		
5	42	-	7060,1 +	6187 -	82,683 +	32,169 -	5431,5 +	16740 -	235,268 +	68,003 +	68,003 +		
6	50	-	5943,8 +	7374 -	58,301 +	35,781 -	4335,4 +	17660 -	253,906 +	71,772 +	71,772 +		
7	58	-	5120,2 +	8620 -	80,069 +	37,659 -	3872 +	17990 -	262,328 +	70,188 +	70,188 +		
8	70	-	10618 +	5652 -	191,988 +	70,469 -	10258 +	9993 -	153,685 +	89,975 +	89,975 +		
9	74	-	3240,7 +	11128,6 -	128,741 +	43,757 -	3919 +	18030 -	264,193 +	68,664 +	68,664 +		
10	82	-	2473,3 +	12199,16 -	148,595 +	48,913 -	3675 +	17610 -	254,831 +	114,993 +	114,993 +		
11	94	-	10760 +	6057 -	187,745 +	71,309 -	10255 +	9082 -	153,900 +	80,991 +	80,991 +		
12	101	-	9143,9 +	3557 -	178,031 +	48,189 -	8458 +	5877,00 -	145,446 +	43,855 +	43,855 +		

BAB V

KESEMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari analisa dan perhitungan pembebanan baik beban mati, hidup, dan hidrostatik air dapat diketahui bahwa balok *extreme* pada struktur gedung Hotel Ibis Styles Malang terdapat pada *beam* 340 pada nomor balok 25 dengan nilai momen 431,415 kNm. Setelah dikombinasikan dengan gaya gempa statik, momen akibat beban gempa murni sebesar 175,221 kNm untuk momen positif dan 127,701 kNm untuk momen negatif. Begitu pula setelah dikombinasikan dengan beban gempa dinamik diperoleh nilai momen 115,111 kNm untuk momen positif dan 105,383 kNm untuk momen negatif.
2. Jumlah tulangan balok akibat kombinasi beban gempa statik diperoleh 5 D 22 untuk tulangan tarik pada tumpuan dan 3 D 22 untuk tulangan tekan pada tumpuan, sedangkan untuk lapangan diperoleh 7 D 22 untuk tulangan tarik dan 2 D 22 untuk tulangan tekan.

Jumlah tulangan balok akibat kombinasi beban gempa dinamik diperoleh 7 D 22 untuk tulangan tarik pada tumpuan dan 4 D 22 untuk tulangan

tekan pada tumpuan, sedangkan untuk lapangan diperoleh 7 D 22 untuk tulangan tarik dan 2 D 22 untuk tulangan tekan.

3. Selisih jumlah kebutuhan tulangan diperoleh dari membandingkan jumlah kebutuhan tulangan pada balok yang memiliki nilai momen terbesar pada masing-masing lantai yang disimpulkan dalam persen. Seperti pada tabel berikut.

Lantai	No. Balok	Dimensi	Tumpuan		Lapangan	
			Tarik %	Tekan%	Tarik %	Tekan%
1	7	400 x 600	40	33	33	0
2	17	400 x 600	50	33	33	0
3	25	350 x 800	29	25	0	0
4	34	300 x 600	40	33	33	0
5	42	300 x 600	40	33	33	0
6	50	300 x 600	60	33	33	0
7	58	300 x 600	40	33	33	0
8	70	300 x 600	0	0	0	0
9	74	300 x 600	40	33	33	0
10	82	300 x 600	40	33	33	0
11	94	300 x 600	0	0	0	0
12	101	400 x 600	0	0	33	0

5.2 Saran

1. Untuk peneliti yang akan mengembangkan penelitian ini, perlu dipertimbangkan dan dibandingkan jumlah tulangan akibat kedua beban gempa tersebut terhadap jumlah tulangan *existing* apabila menggunakan data perencanaan asli.

2. Perlu juga untuk menentukan pasti jenis tanah yang digunakan dalam perhitungan gempa, bukan hanya asumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-1726-2002
- Priastiwi. Y.A. (2005). *Studi Komparasi Antara Analisis Statis dan Dinamis 3D Pada Bangunan Beraturan dan Tidak Beraturan*. Universitas Diponegoro.Semarang
- Febry Arie F, MT. (2008). *Analisa Beban Gempa Statis Untuk Pembebanan Struktur*. Jakarta
- Purwono Rahmat,Prof.Ir Msc. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Jakarta
- Ir A Agus Santosa,MT .(2010). *Bahan ajar Struktur Beton Bertulang II*. Institut Teknologi Nasional.Malang