

# ANALISA KINERJA STRUKTUR GEDUNG KANTOR PKK KABUPATEN KAMPAR MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTORY ANALYSIS*

Beny Setiawan<sup>1</sup>, Febryanto<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai  
Jl. Tuanku Tambusai No. 23 Bangkinang, Kampar-Riau

Email: bennysetiawan@universitaspahlawan.ac.id<sup>1</sup>, febryanto@universitaspahlawan.ac.id<sup>2</sup>

## Abstrak

Kebanyakan kondisi Gedung bertingkat pada Kota Bangkinang dinilai tidak memenuhi persyaratan pada standar perencanaannya, karena dilakukan tanpa memasukkan beban gempa pada saat perencanaan struktur. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis tingkat kinerja struktur bangunan gedung berdasarkan tinjauan perpindahan, kecepatan dan percepatan terhadap beban gempa. Objek penelitian adalah Gedung Kantor PKK Kabupaten Kampar di Kecamatan Bangkinang Kota. Analisis yang digunakan adalah *Time History-Non Linear Analysis* (THNL) untuk mendapatkan tingkat kinerja struktur bangunan yang mana dalam tahap perencanaannya tidak memperhitungkan beban gempa, kemudian proses analisis dilakukan dengan cara memodelkan gedung dengan memasukkan beban gempa Elcentro 0,25g, 0,5g, 0,75g, 1g dan terhadap percepatan tanah puncak Kota Bangkinang 0,024g. Respon struktur gedung untuk skala percepatan tanah puncak Bangkinang (0,024g), ketika dilakukan analisis riwayat waktu struktur tidak mengalami kerusakan dan tidak mencapai kondisi dimana kerusakan mulai terjadi, yang berarti kondisi struktur sangat kuat dan aman. Sedangkan untuk skala 0,25g, struktur mulai mengalami kondisi dimana tulangan mencapai titik leleh namun struktur masih sangat layak untuk digunakan. Hasil analisis dengan skala gempa 0,5g, 0,75g dan 1g struktur kolom bangunan langsung hancur setelah titik leleh tulangan terjadi tanpa mengalami gejala *Life Safety* atau *Collapse Prevention*.

**Kata Kunci:** perencanaan, tingkat kinerja, time history.

## PENDAHULUAN

Kabupaten Kampar merupakan kabupaten dengan luas wilayah ±1.128.928 Ha. Sejak tahun terbentuknya, Kabupaten Kampar sudah mengalami banyak perubahan baik dari segi pembangunan infrastruktur, ekonomi, pendidikan, kesehatan dan transportasi. Pada pembangunan infrastruktur, saat ini Bangkinang sebagai ibu kota Kabupaten Kampar sudah memiliki banyak sarana gedung penunjang seperti perkantoran, sekolah, rumah sakit, gedung olahraga dan masih banyak lagi.

Pada hakikatnya dalam perencanaan suatu pembangunan gedung dengan lantai lebih dari satu, harus memiliki dokumen analisis struktur sebagai faktor pendukung perencanaan agar dapat dilaksanakan sampai tahap pembangunan fisik. Di Bangkinang beberapa perencanaan gedung lantai lebih dari satu harus melampirkan dokumen atau laporan analisis struktur beberapa yang lain tidak, namun analisis ini hanya sebatas analisis menggunakan beban mati atau berat sendiri struktur tanpa diikuti pembebanan yang diakibatkan gempa. Dalam wawancara singkat dengan salah satu perencana di Bangkinang, bangunan dua lantai tidak harus menggunakan gempa sebagai beban yang akan diterima struktur karena intensitas gempa di Kampar tidak sesering Sumatera Barat yang merupakan wilayah rawan gempa.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis struktur dengan menggunakan analisis riwayat waktu nonlinear (*time history nonlinear*) dengan bantuan *software* elemen hingga. Analisis ini dipilih karena material yang digunakan pada bangunan akan mencapai kondisi plastis, sehingga tingkat kinerja struktur saat gempa terjadi dapat diidentifikasi. Pemodelan berdasarkan struktur bangunan gedung kantor yang direncanakan pada tahun pada tahun 2014. Pemilihan perencanaan gedung ini dikarenakan perencanaan tersebut tidak melampirkan dokumen analisis struktur dalam dokumen perencanaannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja struktur bangunan kantor PKK Kab. Kampar hingga didapat data keandalan struktur akibat menerima beban pergerakan tanah lokasi pembangunan dan beban gempa. Selain itu juga untuk mengetahui batas kinerja struktur dalam menerima beban dari pergerakan tanah akibat pergerakan tanah lokasi pembangunan maupun gempa.

## KAJIAN PUSTAKA

### Gempa Bumi

Schodek (1999) mengutarakan bahwa gempa bumi terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Pengertian secara umum disampaikan Chen & Lui (2006), gempa bumi merupakan getaran yang terjadi pada permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik, vulkanisme, longsor termasuk batu ataupun bahan peledak.

### Kerusakan Akibat Gempa Bumi

Pada dasarnya perencanaan struktur dengan memperhitungkan beban gempa adalah untuk mengurangi jumlah korban jiwa yang disebabkan oleh reruntuhan bangunan dan untuk mengurangi kerusakan dan kehilangan konstruksi. Menurut Wang dan Law akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi dapat dikategorikan dalam dua golongan besar, yaitu akibat langsung (*direct effect*) dan akibat tidak langsung (*indirect effect*) (Pawirodikromo, 2012).

Akibat langsung adalah kerusakan struktur tanah ataupun kerusakan sesuatu diatas tanah. Kerusakan tersebut antara lain kehilangan gaya dukung tanah (*liquefaction*), penurunan tanah (*soil settlement*), runtuhnya lapis tanah (*collapse*), tanah longsor (*landslides*), batu longsor (*rockslides*) dan kerusakan pada bangunan.

Akibat tidak langsung menurut Wang dan Law adalah efek yang diakibatkan oleh kondisi situs (*topographical effects*) dan kondisi tanah (*site effect*) yang mana kerusakan bangunan makin parah karena propagasi/rambatan gelombang gempa (Pawirodikromo, 2012).

### Kuat Tekan Beton ( $f'c$ )

Beton terdiri dari agregat, semen dan air yang dicampur bersamaan dalam keadaan plastis (Ahmad & Aras, 2009). Sesaat setelah pencampuran adukan akan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Sifat-sifat betn itu sendiri sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan dan cara perawatannya. Pada saat campuran sudah mengeras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya.

Mulyono dalam Ahmad & Aras (2009) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur dimana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan atau mutu beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton (Sumajouw & Mondoringin, 2015). Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang dapat dibuatkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$f'c = P/A \dots \dots \dots [1]$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat tekan/mutu beton (MPa)

P = Gaya (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang Akibat Pembebanan

Pada saat balok memikul beban kecil, dimana retak belum terjadi, secara bersama-sama beton dan baja tulangan bekerja menahan gaya-gaya dimana gaya tekan ditahan oleh beton saja.

Distribusi tegangan linier bernilai nol pada garis netral dan sebanding dengan regangan yang terjadi. Kasus demikian ditemui bila tegangan maksimum yang timbul pada serat tarik cukup rendah (Sumajouw & Mondoringin, 2015).

Jika beban yang bekerja terus ditingkatkan, retak akan terjadi pada tepi bawah penampang yang mengalami momen maksimum. Retak terjadi pada saat tegangan tarik pada tepi bawah mencapai kuat tarik beton. Pada saat terjadi retak, gaya tarik pada beton di lokasi retak akan ditransfer ketulangan baja, sehingga efektifitas penampang beton dalam menahan momen menjadi berkurang.

Pada keadaan tersebut tegangan beton tekan masih dianggap bernilai sebanding dengan nilai regangannya. Pada beban yang lebih besar lagi, nilai regangan serta tegangan tekan akan meningkat dan cenderung untuk tidak lagi sebanding antara keduanya, dimana tegangan beton tekan akan membentuk kurva nonlinier.

Kurva tegangan di atas garis netral (daerah tekan) berbentuk sama dengan tegangan regangan beton. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat distribusi tegangan dan regangan yang timbul pada keadaan pembebanan maksimum, dimana apabila kapasitas batas kekuatan beton terlampaui dan tulangan baja mencapai luluh, maka balok mengalami hancur. Komponen struktur telah retak dan tulangan baja meleleh, terjadi lendutan yang besar dan tidak akan dapat kembali ke panjang semula. Bila komponen lain dari sistem mengalami hal yang sama, mencapai kapasitas maksimumnya, struktur secara keseluruhan akan remuk dalam strata runtuh atau setengah runtuh meskipun belum hancur secara keseluruhan (Sumajouw & Mondoringin, 2015).

### Keruntuhan Lentur

Adapun jenis-jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Keruntuhan tarik (*Tensile Failure*), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulangannya sedikit), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat *ductile*.
2. Keruntuhan seimbang (*balanced Failure*), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan (tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimum = 0,003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat getas.
3. Keruntuhan tekan (*Compression Failure*), jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulangannya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat getas.

### Geser pada Balok

Perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Balok dengan keruntuhan geser umumnya tanpa peringatan terlebih dahulu. Perilaku keruntuhan geser bersifat getas (*brittle*), oleh karena itu perlu dirancang penampang yang cukup kuat untuk memikul gaya geser. Tulangan geser diperlukan karena pada dasarnya ada tiga jenis retak pada struktur, yaitu:

1. Retak lentur murni (*flexural crack*), retak yang terjadi di daerah yang mempunyai momen lentur besar. Arah retak hampir tegak lurus sumbu balok.
2. Retak geser lentur (*flexural shear crack*), retak yang terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Jadi retak geser lentur merupakan perambatan retak miring dari retak yang sudah terjadi sebelumnya.
3. Retak geser murni (*shear crack*), retak yang terjadi pada daerah dimana gaya geser maksimum bekerja dan tegangan normal sangat kecil.

### Time History Analysis

Analisis riwayat waktu merupakan suatu cara analisa struktur, dimana suatu model matematik dari struktur dikarenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil pencacatan atau gempa-gempa tiruan terhadap riwayat waktu dari respon struktur ditentukan. Sebelum Riyawat-riwayat gempa tersebut dianalisis mesti diperhitungkan percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs ( $PGA_M$ ).  $PGA_M$  merupakan perhitungan yang melihat potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan tanah puncak pada situs, magnitudo gempa, dan karakteristik sumber yang konsisten dengan puncak maksimum yang dipertimbangkan.  $PGA_M$  dapat ditentukan dengan persamaan berikut yang ditetapkan oleh SNI 1726 - 2012:

$$PGA_m = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- $PGA_m$  = Kuat tekan/mutu beton (MPa)  
 $F_{PGA}$  = Koefisien situs pada SNI 1726 - 2012  
 $PGA$  = Pergerakan tanah puncak

Setelah itu perhitungkan nilai faktor skala riwayat gempa lokasi pembangunan sesuai  $PGA_M$  dengan faktor keutamaan gempa (I) dan koefisien modifikasi respon (R) dengan persamaan:

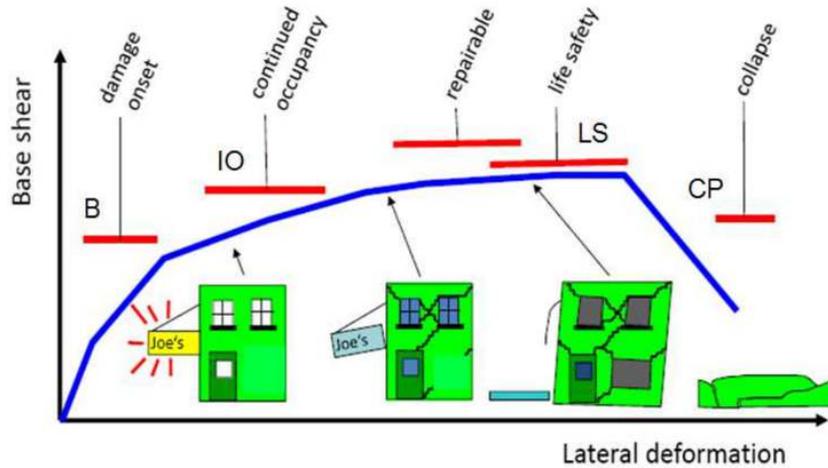
$$PGA_m(diskalakan) = PGA_m(I/R) \dots\dots\dots [3]$$

Nilai faktor keutamaan gempa (I) dapat ditentukan berdasarkan tabel faktor keutamaan gempa yang sesuai dengan tabel kategori resiko, sedangkan koefisien modifikasi respon (R) ditentukan berdasarkan tabel koefisien modifikasi respon berdasarkan ketentuan SNI 1726-2012.

**Tingkat Kinerja**

FEMA 356 menjelaskan tingkat kinerja secara berturut-turut dari respon paling kecil, terdiri atas:

1. *Fully Operational* (FO) adalah kondisi yang mana bangunan tetap dapat beroperasi langsung setelah gempa terjadi (*operational state*). Hal ini terjadi karena elemen struktur utama tidak mengalami kerusakan sama sekali dan elemen non-struktur hanya mengalami kerusakan sangat kecil sehingga tidak terjadi masalah (*damage state*).
2. *Immediate Occupancy* (IO) adalah kondisi yang mana struktur secara umum masih aman untuk kegiatan operasional segera setelah gempa terjadi (*damage state*). Ada kerusakan yang sifatnya minor, namun perbaikannya tidak mengganggu pemakai bangunan.
3. *Life Safety* (LS) adalah suatu kondisi yang mana bangunan mengalami kerusakan pada komponen struktur yang mengakibatkan kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
4. *Collapse Prevention* (CP) adalah sesuatu kondisi yang kerusakan yang berat pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya berkurang banyak, hampir runtuh.



Gambar 1. Ilustrasi Keruntuhan Bangunan (Suryanita, 2015)

Gambar di atas menjelaskan secara kualitatif level kinerja yang digambarkan bersama dengan suatu kurva hubungan gaya dengan perpindahan yang menunjukkan perilaku struktur secara menyeluruh terhadap pembebanan lateral. Sasaran penting dari analisis berbasis kinerja bangunan terhadap gempa dinyatakan secara jelas.

Tabel 1. Tabel Parameter Tingkat Kinerja untuk Prosedur *Non-Linier* pada Balok dan Kolom Beton Bertulang (FEMA, 2000; telah diolah kembali)

Kondisi			Kriteria Penerimaan				
			Tingkat Kinerja				
A. Balok dikontrol berdasarkan lentur			IO	Tipe Komponen			
				LS	CP	LS	CP
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Sengkang	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'c}}$					
$\leq 0.0$	P	$\leq 3$	0.0100	0.0200	0.0250	0.0200	0.0500
$\leq 0.0$	P	$\geq 6$	0.0050	0.0100	0.0200	0.0200	0.0400
$\geq 0.5$	P	$\leq 3$	0.0050	0.0100	0.0200	0.0200	0.0300
$\geq 0.5$	P	$\geq 6$	0.0050	0.0050	0.0150	0.0150	0.0200
$\leq 0.0$	TP	$\leq 3$	0.0050	0.0100	0.0200	0.0200	0.0300

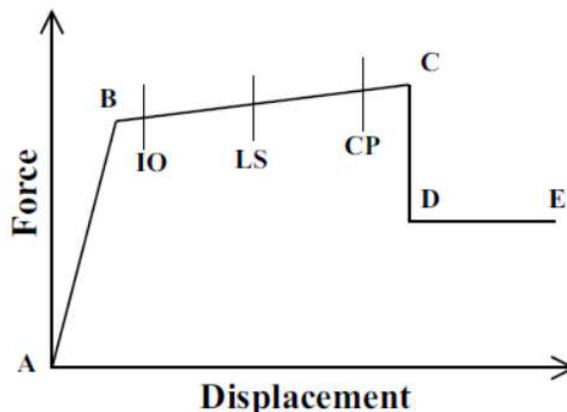
Kondisi			Kriteria Penerimaan				
			Tingkat Kinerja				
			IO	Tipe Komponen			
LS	CP	LS		CP			
<b>A. Balok dikontrol berdasarkan lentur</b>							
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Sengkang	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'c}}$					
$\leq 0.0$	TP	$\geq 6$	0.0015	0.0050	0.0100	0.0100	0.0150
$\geq 0.5$	TP	$\leq 3$	0.0050	0.0100	0.0100	0.0100	0.0150
$\geq 0.5$	TP	$\geq 6$	0.0015	0.0050	0.0050	0.0050	0.0100
<b>B. Kolom dikontrol berdasarkan lentur</b>							
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Sengkang	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'c}}$					
$\leq 0.1$	P	$\leq 3$	0.0050	0.0150	0.0200	0.0200	0.0300
$\leq 0.1$	P	$\geq 6$	0.0050	0.0120	0.0160	0.0160	0.0240
$\geq 0.4$	P	$\leq 3$	0.0030	0.0120	0.0150	0.0180	0.0250
$\geq 0.4$	P	$\geq 6$	0.0030	0.0100	0.0120	0.0130	0.0200
$\leq 0.1$	TP	$\leq 3$	0.0050	0.0050	0.0060	0.0100	0.0150
$\leq 0.1$	TP	$\geq 6$	0.0050	0.0040	0.0050	0.0080	0.0120
$\geq 0.4$	TP	$\leq 3$	0.0020	0.0020	0.0030	0.0060	0.0100
$\geq 0.4$	TP	$\geq 6$	0.0020	0.0020	0.0020	0.0050	0.0080

Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau tingkat kinerja dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Pertimbangan perencanaan bangunan terhadap resiko gempa dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip berikut:

1. Gempa ringan, bangunan tidak boleh rusak secara struktural dan arsitektural.
2. Gempa sedang, komponen struktural (balok dan kolom) tidak diperbolehkan rusak sama sekali tetapi komponen arsitektural diperbolehkan.
3. Gempa berat, boleh terjadi kerusakan pada komponen struktural tetap tidak menyebabkan keruntuhan bangunan.

### Sendi Plastis

Sendi plastis adalah suatu bentuk ketidak mampuan struktur, khususnya balok dalam menahan gaya-gaya dalam. Penelitian ini memodelkan sendi pada kolom menggunakan tipe sendi P-M-M, dengan pertimbangan bahwa elemen kolom terdapat hubungan gaya aksial dengan momen (diagram interaksi P-M). Sedangkan untuk elemen balok menggunakan tipe sendi M3, dengan pertimbangan bahwa balok efektif menahan momen dalam arah sumbu kuat yakni sumbu 3, sehingga diharapkan sendi plastis terjadi pada balok. Sendi diasumsikan terletak pada masing-masing ujung pada elemen balok dan kolom.



Gambar 2. Grafik hubungan Gaya dengan Perpindahan (FEMA, 2000)

Gambar di atas menunjukkan perilaku sendi plastis pada FEMA 356. Properti sendi yang digunakan dihitung dan disesuaikan dengan menggunakan tabel 2.5 untuk mendefinisikan *hinge* dalam program perangkat lunak elemen hingga. Pada perangkat lunak tersebut, warna untuk setiap kondisi sendi plastis adalah sebagai berikut:

1. CP : Awal pembebanan, belum terbentuk sendi plastis.
2. B : Batas elastis, sendi plastis pertama terbentuk dalam warna merah muda
3. IO : Sendi plastis mulai terbentuk dalam warna biru tua.
4. LS : Sendi plastis terbentuk dalam warna biru muda.
5. CP : Sendi plastis terbentuk dalam warna kuning.
6. C : *Collapse*, Sendi plastis terbentuk dalam warna kuning.
7. D : *Residual point*, sendi plastis terbentuk dalam warna orange.
8. E : Runtuh, sendi plastis terbentuk dalam warna merah.

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif merupakan suatu prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dan perilaku yang dapat diamati. Pendekatan kualitatif memiliki karakteristik alami (*Natural serfing*) yang menjadi sumber data langsung, deskriptif, proses lebih dipentingkan dari pada hasil. Analisis dalam penelitian kualitatif cenderung dilakukan secara analisis induktif dan makna makna merupakan hal yang esensial (Moleong, 2006).

Obyek yang alami adalah objek yang apa adanya, tidak dimanipulasi oleh peneliti sehingga kondisi pada saat peneliti memasuki objek, setelah berada di objek dan keluar dari objek relatif tidak berubah. Dalam penelitian kualitatif peneliti menjadi instrumen. Kriteria data dalam penelitian kualitatif adalah data yang pasti. Data yang pasti adalah data yang sebenarnya terjadi sebagaimana adanya, bukan data yang sekedar terlihat, terucap, tetapi data yang mengandung makna dibalik yang terlihat dan terucap tersebut (Sugiyono, 2008).

## Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ruang analisis dan perencanaan CV. X yang merupakan salah satu konsultan perencana di Kabupaten Kampar. Pemilihan lokasi penelitian ini berdasarkan Sumber Daya Alat (SDA) yang tersedia sesuai dengan apa yang dibutuhkan untuk penelitian ini.

## Waktu Penelitian

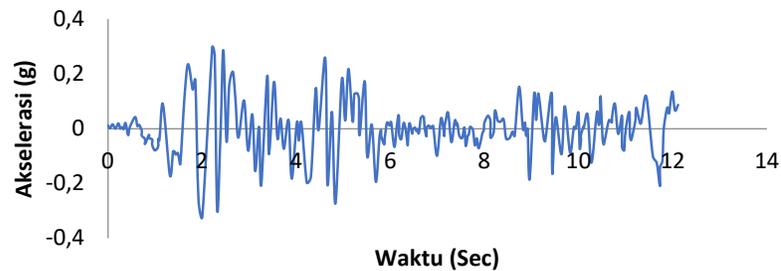
Penelitian ini dilaksanakan terhitung dari perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, sampai dengan pembuatan laporan penelitian. Penelitian mulai dilaksanakan pada bulan Februari 2020 sampai dengan Juni 2020.

## Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini merupakan gedung kantor yang direncanakan pada tahun 2014 dan sudah dilaksanakan pembangunan fisiknya di tahun yang sama. Data-data yang ada pada subjek digunakan untuk penelitian ini dibagi atas dua jenis data, yaitu data struktur dan data beban. Data struktur terdiri dari dimensi, ukuran dan material yang digunakan struktur yang akan dimodelkan. Data beban adalah data yang mencakup macam-macam pembebanan yang terjadi struktur yang dimodelkan.

1. Data Struktur:
  - a. Mutu beton ( $f'c$ ) : 18,00 MPa
  - b. Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 240,00 MPa
  - c. Panjang gedung : 28,00 meter
  - d. Lebar gedung : 16,00 meter
  - e. Tinggi gedung : 7,20 meter
  - f. Dimensi kolom:
    - 1) Kolom type-K1 : 0,3/0,3 meter  
Tulangan utama : D16 BJTP  
Sengkang : D10 BJTP
    - 2) Kolom type-K2 : 0,3/0,6 meter  
Tulangan utama : D16 BJTP  
Sengkang : D10 BJTP
  - g. Dimensi balok:
    - 1) Balok type-B1 : 0,2/0,4 meter  
Tulangan utama : D16 BJTP  
Sengkang : D8 BJTP
    - 2) Balok type-B2 : 0,25/0,5 meter  
Tulangan utama : D16 BJTP  
Sengkang : D8 BJTP
2. Data Beban Mati:
  - a. Berat pelat lantai teratas, terdiri dari:

- |                                 |   |                        |
|---------------------------------|---|------------------------|
| 1) Berat plafond                | : | 10 kg/m <sup>2</sup>   |
| 2) Berat mekanikal dan elektrik | : | 20 kg/m <sup>2</sup> + |
| Total                           | : | 30 kg/m <sup>2</sup>   |
- b. Berat pelat lantai 2, terdiri dari:
- |                                 |   |                        |
|---------------------------------|---|------------------------|
| 1) Berat spesi keramik          | : | 30 kg/m <sup>2</sup>   |
| 2) Berat lantai keramik         | : | 14 kg/m <sup>2</sup>   |
| 3) Berat plafond                | : | 10 kg/m <sup>2</sup>   |
| 4) Berat mekanikal dan elektrik | : | 20 kg/m <sup>2</sup> + |
| Total                           | : | 74 kg/m <sup>2</sup>   |
- c. Beban dinding tembok : (3,6 m – 0,4 m) x 250 kg/m<sup>2</sup>  
: 800 kg/m<sup>2</sup>
3. Data Beban Hidup:
- Beban hidup pelat atap atau dak, dibebani 100 kg/m<sup>2</sup> dikarenakan tidak banyak aktifitas terjadi di atasnya, yang mana beban tersebut mengantisi pasi pelaksanaan konstruksi maupun perawatan struktur.
  - Beban hidup pelat lantai 2, dibebani 250 kg/m<sup>2</sup> sesuai dengan kriteria PPIUG 1987.
4. Beban Gempa
- Beban gempa yang digunakan berupa catatan respon riwayat waktu (*time history*) yang penyesuaian skala ditentukan berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa indonesia dengan kondisi situs tanah sedang. Data riwayat waktu digunakan adalah riwayat gempa El Centro:



Gambar 3. Riwayat Waktu Gempa El-Centro

Riwayat waktu tersebut akan diskalakan menjadi 0,25g, 0,5g, 0,75g, 1g dan akan diskalakan sesuai pergerakan tanah puncak daerah lokasi rencana pembangunan yaitu di Bangkinang lebih tepatnya di Desa Ridan. Pada peta puskim lokasi rencana pembangunan terletak pada bujur 101,03245°; lintang 0,31966° yang nilai PGA lokasi tersebut adalah 0,076g. Sesuai tabel faktor amplifikasi Priode 1 detik (SNI 1726-2012, 2012) maka nilai koefisien situs ( $F_{PGA}$ ) lokasi pembangunan adalah 1,6, hitung nilai  $PGA_M$  dengan persamaan [2]. Kemudian hitung nilai faktor skala riwayat gempa lokasi pembangunan sesuai  $PGA_M$  dengan faktor keutamaan gempa (I) dan koefisien modifikasi respon (R) sesuai dengan persamaan [3].

### Tahap Analisis Riwayat Waktu

Analisis riwayat waktu dilakukan dengan cara memodelkan struktur gedung sesuai dengan data struktur dan data beban yang sudah didefinisikan terlebih dahulu dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga. Berikut tahapan analisis riwayat waktu:

- Memodelkan struktur sesuai dengan data material dan dimensi yang telah ditetapkan. Pemodelan diikuti dengan material komponen struktur yang dimulai dari balok, kolom dan pelat lantai.
- Definisikan beban sesuai dengan data beban yang sudah dihitung
- Setelah semua beban didefinisikan, data material beserta struktur telah diaplikasikan kedalam model. Lakukan analisis dengan beban awal (berat sendiri bangunan).
- Perhatikan nilai perioda pada *mode* 1 dan 2, dan pastikan beban dinamik bekerja pada permodelan struktur dengan nilai percepatan arah UX dan UY lebih besar dari 90%.
- Definisikan data *time history* sebagai beban gempa dengan cara, *define* → *function* → *time history*. *Add new function* untuk menambahkan *time history* gempa *El Centro*.

6. Definisikan kasus pembebanan riwayat waktu untuk struktur, dengan terlebih dahulu merubah *load cases-analysis type* beban mati (*dead*) menjadi *nonlinear*.
7. Setelah itu *add new load cases*, pilih *load case type*  $\rightarrow$  *time history*, dan kemudian pastikan beban tersebut bekerja setelah beban mati.
8. Perhatikan *scale factor*, isikan dengan nilai berikut; skala 0,02432 g = 0,75; skala 0,25 g = 7,68; skala 0,50 g = 15,36; skala 0,75 g = 23,04; skala 1 g = 30,71
9. Kemudian modifikasi *propotional damping* dengan cara klik *modify/show* dan akan membukan jendela baru, masukkan nilai perioda *mode 1* pada tab *first* dan nilai perioda *mode 2* pada tab *second* dengan masing-masing *damping* adalah 0,05.
10. Nilai perioda pertama dan kedua tersebut akan berbeda tergantung hasil analisis ragam sesuai dengan variasi mutu beton.
11. Setelah beban riwayat gempa telah didefinisikan, langkah berikutnya mendefinisikan sendi plastis pada struktur kolom dan balok. Seleksi kolom kemudian klik *assign*  $\rightarrow$  pilih *frame*  $\rightarrow$  pilih *hinges* sesuai kan dengan gambar (a) sedangkan untuk balok sesuai dengan gambar (b) seperti di bawah ini:
12. Setelah beban dan sendi plastis sudah didefinisikan, jalankan analisis untuk melihat perilaku struktur akibat riwayat waktu berupa perpindahan, kecepatan dan percepatan struktur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

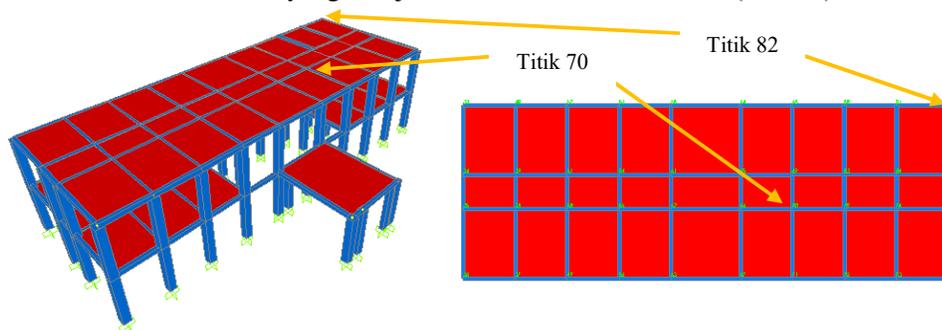
### Analisis Ragam

Berdasarkan SNI-1726-2002, Pasal 7.2.1 jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Dari hasil analisis ragam yang dilakukan terhadap gedung partisipasi massa memiliki nilai 96,89 % untuk arah X dan 99,08 % untuk arah Y. Dengan partisipasi massa ragam kumulatif sudah melebihi ambang batas 90% maka syarat SNI-1726-2002 untuk melanjutkan ke analisis riwayat waktu gempa sudah terpenuhi.

### Hasil Analisis Riwayat Waktu

Arah penerapan gaya gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Untuk menstumulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarangan terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas 30% (SNI 1726 - 2012) .

Mendapatkan kondisi keruntuhan paling kritis dapat digunakan skala gempa yang di tingkatkan secara bertahap mulai dari skala percepatan tanah puncak Kota Bangkinang 0,02432g, 0,25g, 0,5g, 0,75g, dan 1g. Untuk hasil dari analisis riwayat waktu ini berupa perpindahan, kecepatan dan percepatan. Dalam kasus ini, titik yang ditinjau adalah titik 70 dan titik 82 (lantai 2).



Gambar 4. Titik Tinjauan Analisis Riwayat Waktu

### Waktu Deteksi Kerusakan Struktur

Untuk waktu deteksi kerusakan setiap gempa memiliki variasi waktu yang berbeda-beda tergantung dari pola dan karakteristik gempa itu sendiri. Waktu deteksi gempa akan semakin cepat sesuai dengan peningkatan skala gempa mulai dari 0,25g, 0,5g, 0,75g dan 1g. Untuk itu dapat ditampilkan waktu deteksi gempa dengan tingkat skala yang berbeda-beda dan dengan mutu beton yang juga berbeda.

Tabel 2. Waktu Deteksi Kerusakan Struktur Akibat *El Centro*

Skala Gempa (g)	Perpindahan Maksimal (m)	Kecepatan Maksimal (m)	Percepatan Maksimal (m)	Waktu Deteksi Kerusakan (detik)				
				B	IO	LS	CP	Akhir Analisis
0,024	0,00281	0,04569	0,81285	-	-	-	-	12,00
0,250	0,02784	0,37422	7,01683	2,05	-	-	-	12,00
0,500	0,04715	0,40413	4,50732	1,45	2,05	N/A	N/A	2,15
0,750	0,04507	0,29922	4,38507	1,40	1,80	N/A	N/A	1,85
1,000	0,03717	0,50190	5,84676	1,40	1,70	N/A	N/A	1,70

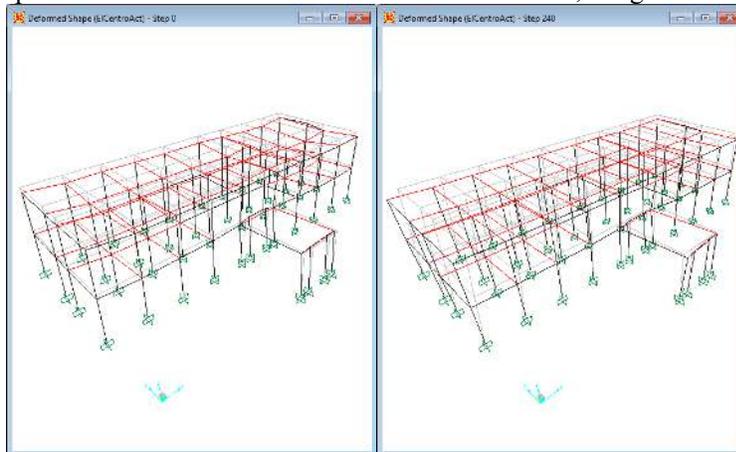
Tabel di atas menunjukkan waktu deteksi untuk tingkat struktur akibat beban gempa *El Centro*, pada masing-masing skala. Pada tabel di atas skala gempa 0,02432 g atau Bangkinang tidak terjadi kondisi kerusakan pada struktur gedung. Namun untuk skala gempa 0,25 g hanya tercapai pada kondisi awal lelehan (B) pada  $t = 2,05$  detik untuk seluruh mutu beton dan gedung masih dalam kondisi aman hingga akhir gempa *El Centro*. Sementara pada skala gempa 0,5g, 0,75g dan 1g, kerusakan hanya terjadi pada kondisi B dan kondisi IO, kondisi LS dan CP tidak tercapai karena bangunan telah lebih dahulu rusak/hancur sebelum mencapai kondisi tersebut.

Untuk mencari tahu kondisi tersebut maka dilakukan tinjauan berikutnya, yakni tinjauan perbandingan rasio tulangan terhadap mutu beton yang digunakan untuk analisis riwayat waktu. Syarat utama dalam penentuan getas pada balok adalah jika  $Rho(\rho)$  hitung lebih besar dari  $Rho(\rho)_{max}$ , maka balok dikatakan getas. Sedangkan jika  $Rho(\rho)$  min lebih kecil dari  $Rho(\rho)_{min}$  hitung lebih kecil dari  $Rho(\rho)_{max}$  maka balok dikatakan elastis.

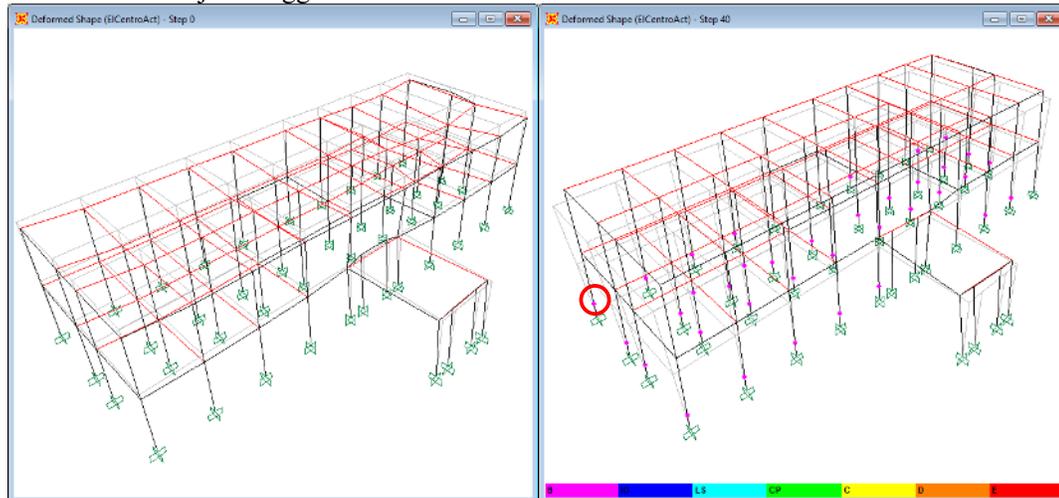
Dengan memperhatikan nilai  $Rho(\rho)$  dengan mutu beton ( $f'_c$ ) 18 MPa dengan mutu tulangan sebesar ( $f_y$ ) 400 MPa, secara keseluruhan nilai  $Rho(\rho)$  hitung berada diantara nilai  $Rho(\rho)_{min}$  dan nilai  $Rho(\rho)_{max}$ . Dengan demikian dikatakan bahwa kondisi balok pada gedung kantotr PKK Kab. Kampar adalah elastis. Sementara pada analisis menggunakan elemen hingga, kondisi Life Safety (LS) dan Collapse Preventive (CP) tidak terdeteksi akibat kondisi kolom yang tidak mampu menahan beban gempa dengan skala 0,5 s/d 1 g, sehingga dikatakan kondisi balok lebih kuat dibandingkan kolom – kolom pada gedung tersebut.

### Kinerja Struktur Gedung

Berdasarkan hasil dari analisis yang telah dilakukan dan merujuk pada tabel 6, dapat diketahui dengan mutu beton dan mutu tulangan yang digunakan pada perencanaan dan pelaksanaan pembangunan mampu menahan gaya gempa *El Centro* sesuai dengan skala pergerakan tanah lokasi pembangunan yakni 0,024 g dan 0,25 g. Kondisi tersebut ditandai dengan tidak munculnya reaksi kerusakan apapun pada sendi – sendi balok dan kolom untuk skala 0,024 g.

Gambar 5. Hasil Analisis Riwayat Waktu Gempa *El Centro* Skala 0,024g

Sedangkan untuk skala 0,25 g kerusakan sangat minim dengan ditandai hanya mencapai indikator B hingga akhir gaya gempa berakhir. Secara keseluruhan struktur kuat menahan getaran yang diakibatkan oleh Elcentro skala 0,25g, namun pada detik ke 2,05 hanya terjadi kondisi *safe* (B) dan kondisi lain tidak terjadi hingga detik ke 12.



Gambar 6. Awal Tercapainya Kondisi Leleh pada Tulangan di 2 detik Terjadinya Gempa *El Centro* Skala 0,25 g

Setelah melakukan seluruh tahapan analisa, dapat dikatakan struktur gedung kantor PKK Kab. Kampar memiliki struktur yang kuat dan mampu menahan gaya gempa *El Centro* yang memiliki durasi pembebanan selama 12 detik, jika gempa tersebut disesuaikan dengan skala pergerakan tanah dimana gedung tersebut saat ini berdiri kokoh. Namun untuk Skala 0,5 hingga 1,0 g bangunan runtuh di detik ke 2,2 dikarenakan kemungkinan besar perencanaan tidak memenuhi prinsip *Strong column weak beam* (kolom kuat-balok lemah). Karena yang pertama kali hancur adalah kolom, bukan balok.

## KESIMPULAN

Setelah seluruh rangkaian tahapan analisis riwayat waktu dilaksanakan, maka penelitian ini dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur gedung dapat digolongkan sangat kuat dan mampu menahan gaya gempa *El Centro* yang diskalakan dengan pergerakan tanah lokasi bangunan saat ini berdiri yakni 0,024 g , ketika dilakukan analisis tidak mengalami kerusakan dan belum mencapai kondisi dimana tulangan mulai leleh “B”.
2. Struktur gedung tidak mengalami proses “*Lise Safety*” dan “*Collapse Preventive*” untuk setiap skala gempa karena ketika memasuki tahap “B” dan atau “*Immediate Occupancy*” kolom bangunan gedung telah lebih dahulu mengalami kerusakan/hancur..
3. Perencanaan struktur gedung ini belum mencapai prinsip SCWB (*strong column weak beam*) atau kolom kuat-balok lemah, karena hasil analisis memperlihatkan kondisi kolom yang pertama kali hancur sebelum gaya gempa *El Centro* di skala 0,5 g s/d 1 g berakhir.

## SARAN

Adapun beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis dengan data struktur dan data beban yang ada, kondisi struktur bangunan sangat kuat, dirasa perlu untuk meninjau kembali semua elemen penyusun struktur untuk dapat mencari pembanding dari segi ketahanan dan biaya yang terserap dalam pembangunan gedung tersebut.
2. Penelitian ini menerapkan analisis riwayatwaktu yang memiliki potensi untuk dikembangkan kearah yang lebih maju dan lebih baik. Sehingga dirasa bisa untuk masuk kepenelitian kolaborasi dengan mengikut sertakan Prodi Informatika untuk dapat memberikan tambahan atau masukan untuk penelitian selanjutnya.

**REFERENSI**

- Ahmad, I. A., & Aras, A. H. (2009). Analisis pengaruh temperatur terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 63–70. Retrieved from <http://journals.itb.ac.id/index.php/jts/article/view/2748>
- Asce, T., Project, P., Team, P., Committee, A. S., Rehabilitation, S., Committee, A. S., ... Register, A. O. (2000). *FEMA 356 Prestandard November 2000*. (November).
- Chen, W. F., & Lui, E. M. (2006). *Earthquake Engineering for Structural Design*. Florida.
- Moleong, J. L. (2006). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. 656.
- Pembebanan, P. P., Rumah, U., & Gedung, D. A. N. (1987). *Pedoman Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*. 1–5.
- Schodek, D. L. (1999). *Struktur (Kedua)*. Jakarta: Erlangga.
- SNI-1726- 2002. (2002). *STANDAR PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG*. (April).
- SNI 1726. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: BSN.
- Sugiyono. (2008). *Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. (2015). Pengaruh variasi dimensi benda uji terhadap kuat lentur balok beton bertulang. 3(9), 613–620.
- Suryanita, R. (2015). *Prediksi Kerusakan Model Tiang Jembatan Beton*. (November), 368–375.