

## STUDI ANALISIS BALOK DAN KOLOM LANGSING AKIBAT PERUBAHAN PELAKSANAAN PADA PEMBANGUNAN TERMINAL KEBERANGKATAN DI DAERAH DEPOK

oleh :

**Karmidi**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : m\_karmidi@yahoo.com

**Haryo Koco Bowono**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : haryo\_kc@yahoo.com

**ABSTRAK:** Gedung terminal keberangkatan merupakan sebuah bangunan besar yang digunakan masyarakat untuk berkumpul, berniaga serta menunggu transportasi untuk melanjutkan perjalanan menuju tempat tujuan masing-masing. Struktur Kolom gedung direncanakan memiliki tinggi 4 meter dengan 2 lantai. Akibat perubahan pelaksanaan, struktur kolom memiliki tinggi 8 meter dan termasuk dalam kolom langsing. Untuk itu perlu mengetahui perilaku kolom langsing tersebut terhadap beban gempa. Dilakukan permodelan struktur dan analisa menggunakan *software* komputer program SAP2000 v.18 dengan memodelkan struktur menjadi 2 kondisi yaitu sesuai *desain awal* dan *kondisi aktual*. Dari permodelan kedua kondisi itu maka diperoleh hasil *running* output program SAP2000 v.18, bahwa kondisi struktur masih aman atau tidak. Didapat karakteristik perubahan nilai pada kebutuhan luas tulangan balok, nilai kapasitas rasio, kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit pada *desain awal* dan *kondisi aktual* tersebut. Apabila kondisi struktur tidak aman, maka perlu dilakukan perkuatan struktur, sehingga diperoleh struktur *kondisi perkuatan*. Kemudian diperoleh perubahan nilai pada kebutuhan luas tulangan balok, nilai kapasitas rasio, kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit pada *kondisi perkuatan*.

**Kata kunci :** Terminal Keberangkatan, Kolom Langsing, Balok, Desain Awal, Kondisi Aktual, Kondisi Perkuatan.

**ABSTRACT:** Departures terminal building is a large building which used the community to gather, trade and transport waiting to continue the journey to the destination of each. Column structure of the building is planned to have a height of 4 meters with two floors. As a result of the implementation of the changes, the structure of the column has a height of 8 meters and included in a slim column. For that we need knowing behavior of the slender columns of the earthquake loads. Structural modeling and analysis performed using a computer software program SAP2000 v.18 by modeling the structure into two conditions, namely in accordance initial design and actual conditions. Of modeling both conditions were the result of running the program output SAP2000 v.18, that the condition of the structure is still safe or not. Obtained characteristic value changes in the broad needs reinforcement beams, the ratio of the value of the capacity, performance and serviceability limit the performance of ultimate limit on the initial design and the actual conditions. If the condition of the structure is not safe, it is necessary to retrofit the structure, in order to obtain the structure of the condition of reinforcement. Then the obtained value changes on the broad needs reinforcement beams, the ratio of the value of the capacity, performance and serviceability limit ultimate performance limits on the conditions of reinforcement.

**Keywords :** Departures Terminal, Slim Columns, Beams, Preliminary Design, Actual Condition, Condition Retrofitting.

## Latar Belakang

Bangunan merupakan suatu tempat yang didalamnya dijadikan tempat berkumpul sekelompok orang untuk melakukan kegiatan serta berlindung dari hujan, angin, dan terik matahari. Oleh karena itu sebelum dibangun perlu dihitung untuk mengetahui kekuatan bangunan tersebut sehingga tidak perlu diragukan lagi kekuatan dan kemampuan bangunan terhadap beban-beban yang bekerja.

Pertumbuhan pembangunan di Daerah Depok-Jawa Barat saat ini sangat cepat, sehingga perlu sistem transportasi yang baik. Pemerintahan saat ini sedang membangun Terminal Keberangkatan di Daerah Depok. Gedung ini digunakan untuk fasilitas umum yaitu sarana untuk penumpang berganti moda transportasi dan tempat perniagaan. Gedung saat dibangun mengalami perubahan pelaksanaan, yaitu terjadi perubahan pada tinggi struktur kolom gedung, Desain Awal 4 meter pada Kondisi Aktual menjadi 8 meter.

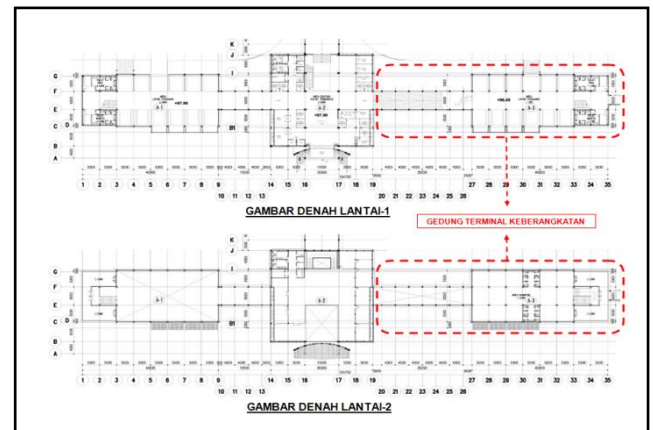
Untuk itu perlu mengetahui perilaku balok dan kolom beton bertulang tersebut terhadap pembebanan yang akan diterima oleh gedung terminal keberangkatan akibat panjang kolom bertambah.

## Data Bangunan Yang Ditinjau

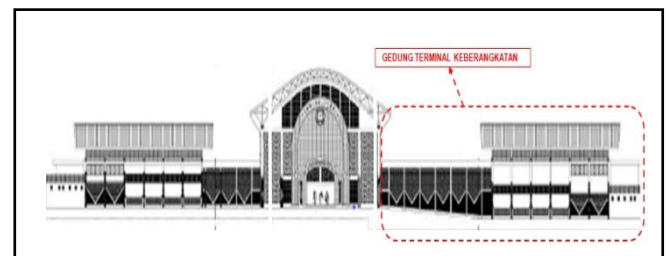
Bangunan yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah bangunan Terminal Keberangkatan dengan data sebagai berikut :

1. Nama Lokasi : Gedung Terminal Keberangkatan Daerah Depok – Jawa Barat.
2. Fungsi Bangunan : Perniagaan
3. Jumlah Lantai : 2 Lantai.
4. Struktur Bangunan : Konstruksi Struktur Beton Bertulang
5. Struktur Atap : Konstruksi Atap Baja

## 6. Bahan Bangunan : Struktur Beton



Gambar 1. Denah Tampak Bangunan



Gambar 2. Tampak Bangunan

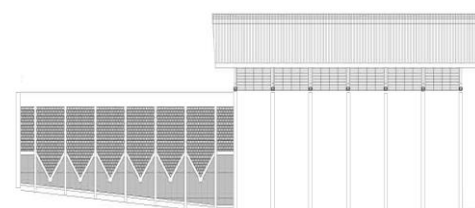
## Perubahan Pelaksanaan Yang Terjadi

Bangunan terjadi perubahan pelaksanaan seperti gambar berikut :

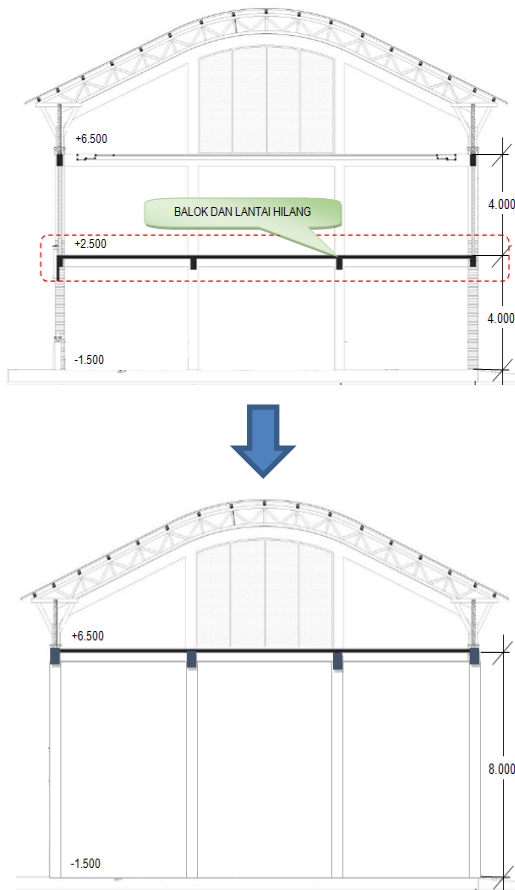
### Desain Awal



### Kondisi Aktual



Gambar 3. Tampak Depan



Gambar 4. Tampak Samping

### Identifikasi Masalah

Masalah yang ada setelah terjadi perubahan adalah kekuatan balok dan kolom kondisi aktual dalam menerima beban gempa serta perlu ditinjau karakteristik perubahan nilai kapasitas rasio kolom, nilai simpangan kinerja batas layan dan batas ultimit sebagai parameter kekuatan bangunan.

### Rumusan Masalah

Secara garis besar rumusan masalah dikelompokkan sebagai berikut :

1. Melakukan analisa dimensi dan luas tulangan pada balok /kolom dan nilai kapasitas rasio kolom, nilai simpangan kinerja batas layan dan batas ultimit pada desain awal dan kondisi aktual.
2. Melakukan analisa dimensi dan luas tulangan pada balok /kolom dan nilai kapasitas rasio kolom, nilai simpangan

kinerja batas layan dan batas ultimit pada kondisi kekuatan bila diperlukan.

### Batasan Masalah

1. Melakukan analisa pada balok dan kolom.
2. Peraturan yang digunakan menurut SNI 2002.
3. Analisa gempa yang dipakai terhadap pengaruh gempa dinamis wilayah 4 pada tanah sedang .
4. Analisa batas layan dan batas ultimit terhadap sumbu x dan y.
5. Menggunakan menggunakan SAP2000 untuk membantu menganalisa struktur.

### Maksud Dan Tujuan

Analisis ini mempunyai maksud dan tujuan sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa dan mengetahui akibat perubahan pelaksanaan, bangunan tersebut masih aman sebagai fasilitas umum.
2. Untuk mengetahui kekuatan struktur balok dan kolom kondisi aktual dalam menerima beban, memberikan solusi kekuatan alternatif, mengetahui resiko yang timbul serta memberikan rasa aman terhadap masyarakat yang menggunakannya.

### Landasan Teori

Dalam menganalisis suatu struktur, diperlukan dasar-dasar teori yang dapat digunakan untuk mendukung analisis, termasuk materi yang digunakan sebagai acuan melakukan analisis. Struktur bangunan harus dapat menerima berbagai kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Kesalahan menganalisis beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Sebelum melakukan analisis struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku

dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya.

Analisis gempa menggunakan analisis gempa dinamis karena gedung yang tidak beraturan dengan arah pembebanan gempa pada sumbu x atau y. Menurut SNI 2002 untuk analisa ragam respon spektrum, nilai ordinatnya dikalikan faktor I/R, dimana I adalah faktor keutamaan dan R adalah faktor reduksi gempa.

**Tabel 1. Faktor Keutamaan.**

Kategori gedung	Faktor		
	I1	I2	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Jika kolom terdefleksi lateral sebesar  $\Delta$ , beban aksial menyebabkan momen kolom sebesar  $P\Delta$ . Momen ini ditambahkan pada momen kolom. Jika momen  $P\Delta$  mempunyai besaran tertentu sehingga mereduksi kapasitas beban aksial dari kolom signifikan maka kolom tersebut dinamakan kolom langsing. Kelangsingan kolom didasarkan pada geometrinya dan pengaku lateral. Dengan naiknya kelangsingan kolom, tegangan lentur bertambah dan dapat terjadi tekuk.

Nilai angka kelangsingan adalah  $(\lambda) = \frac{k \cdot lu}{r}$   
 Panjang kelangsingan kolom ( $lu$ ) adalah panjang bersih antara plat lantai dan balok. Faktor panjang efektif ( $k$ ) adalah angka pengali panjang kolom tanpa penyokong. Besarnya faktor panjang efektif antara lain :

- Kedua ujung sendi, tidak gerak lateral .....  $k = 1,0$
- Kedua ujung kolom terjepit .....  $k = 0,5$

- Satu ujung terjepit, ujung lainnya bebas .....  $k = 2,0$
- Kedua ujung kolom terjepit, ada gerak lateral .....  $k = 1,0$

**Kinerja Batas Layan**

Kinerja batas layan struktur gedung untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan dan mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Syarat batas layan dihitung dari simpangan struktur gedung tidak melampaui  $0,03/R$  dikali tinggi tingkat atau 30 mm, dipilih nilai terkecil.

**Kinerja Batas Limit**

Kinerja batas ultimit struktur gedung untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (*delatasi*). Simpangan batas ultimit dihitung dari simpangan batas layan dikalikan dengan suatu faktor pengali  $\xi$  sebagai berikut :

- a. Struktur gedung beraturan :  $\xi = 0.7 R$
- b. Struktur gedung tidak beraturan :

$$\xi = \frac{0.7.R}{Faktor\_Skala}$$

**Analisa Gedung Pembebanan**

- a) **Beban Mati (*Dead Load*)**  
 Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang

merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Berdasarkan Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, 1987

- Beban pasir ( 5 cm ) = 80 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Spesi ( 2 cm ) = 42 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Keramik ( 0,5 cm ) = 12 kg/m<sup>2</sup>
- Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Beban dinding bata = 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Waterprofing ( 1 cm ) = 22 kg/m<sup>2</sup>

b) Beban Hidup (*Live Load/LL*)

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap, atau beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan.

- Lantai struktur gedung perniagaan = 250 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai atap gedung perniagaan = 100 kg/m<sup>2</sup>

c) Beban Gempa (*Quake Load*)

Beban gempa adalah beban statis equivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa.

d) Beban Angin

Struktur tidak direncanakan secara khusus terhadap beban angin, karena persyaratan beban gempa lebih menentukan daripada beban angin.

e) Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan dihitung berdasarkan atas Peraturan Perencanaan yang berlaku.

**Analisa Gedung Desain Awal**

a. Analisa Struktur Balok

Dari hasil *running* pada software SAP2000 tidak terdapat *warning* atau tidak ada peringatan pada balok induk ataupun pada balok anak. Hal ini

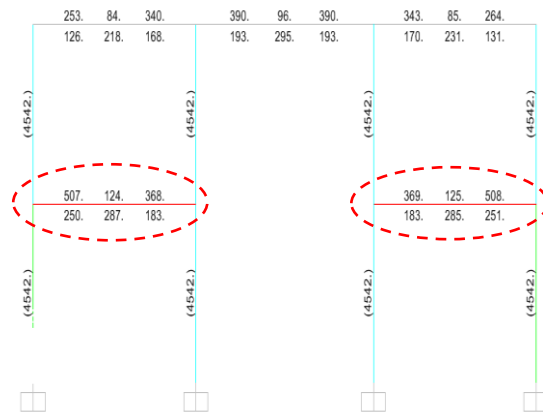
menerangkan bahwa balok induk dan balok anak dalam *kondisi aman*.

b. Analisa Struktur Kolom

Dari hasil *running* tidak terdapat peringatan yang diindikasikan dengan warna merah pada kolom. Hal ini menerangkan bahwa kolom dalam *kondisi aman*.

**Analisa Struktur Gedung Kondisi Aktual**

a. Analisa Struktur Balok Kondisi Aktual



**Gambar 5.** Hasil Analisa Balok Kondisi Aktual

Dari hasil *running* pada software SAP2000 terdapat peringatan pada balok induk nomor 8833 dan 8835 yang menerangkan bahwa balok induk tersebut dalam *kondisi tidak aman*. Hal ini akibat gaya geser dan torsi bersama-sama bekerja pada balok melebihi maksimum yang diijinkan.

Cek kecukupan dimensi balok terhadap Kuat Geser dan Torsi

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{cp}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3}\right) \\
 &= \sqrt{\left(\frac{74.816,08}{400 \times 450}\right)^2 + \left(\frac{45.080,583}{1,7 \cdot 127.893,21^2} \cdot \frac{1,444}{1,7}\right)^2} \leq 0,60 \times \left(\frac{136.166,67}{400 \times 450} + \frac{2}{3} \sqrt{20,75}\right) \\
 &= \sqrt{0,1728 + 5,4757} \leq 0,60 \times (0,7565 + 3,0368) \\
 &= 2,377 \geq 2,276 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dimensi balok *tidak mencukupi* untuk Kuat Geser dan Torsi

b. Analisa Struktur Kolom Kondisi Aktual

Dari hasil *running* pada software SAP2000 tidak terdapat peringatan yang diindikasikan dengan warna merah pada kolom. Hal ini

menerangkan bahwa kolom dalam kondisi aman.

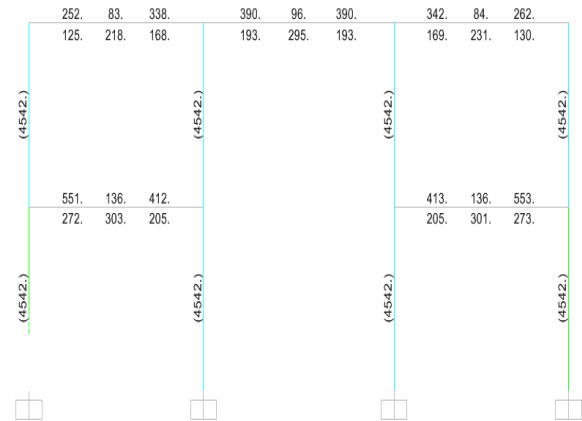
- c. Resume analisis desain awal dibandingkan kondisi aktual.

NO	URAIAN	Desain Awal		Kondisi Aktual	
		Nilai	Persen	Nilai	Persen
1	<b>Kebutuhan Luas Tulangan Minimum Balok</b>				
	a Balok Induk B-2 ( 40x50)	278.78 mm <sup>2</sup>	100 %	161.48 mm <sup>2</sup>	57.92 %
	b Balok Anak BA ( 30x40)	435.75 mm <sup>2</sup>	100 %	361.98 mm <sup>2</sup>	83.07 %
2	<b>Nilai Kapasitas Rasio Kolom</b>				
	a Kolom K-2 ( 65x65)	0.213	100 %	0.467	219.25 %
	b Kolom K-3 ( 50x50)	0.149	100 %	0.438	293.96 %
3	<b>Kinerja Batas Layan</b>				
	a Kolom K-2 ( 65x65)				
	- Arah x	(-) 1.698 mm	100 %	(-) 3.275 mm	192.87 %
	- Arah y	0.502 mm	100 %	1.658 mm	330.28 %
	b Kolom K-3 ( 50x50)				
	- Arah x	1.592 mm	100 %	3.025 mm	190.01 %
	- Arah y	(-) 0.995 mm	100 %	2.967 mm	398.19 %
4	<b>Kinerja Batas Ultimit</b>				
	a Kolom K-2 ( 65x65)				
	- Arah x	(-) 3.688 mm	100 %	(-) 7.074 mm	192.86 %
	- Arah y	1.084 mm	100 %	3.581 mm	330.35 %
	b Kolom K-3 ( 50x50)				
	- Arah x	3.439 mm	100 %	6.534 mm	190.00 %
	- Arah y	(-) 2.149 mm	100 %	6.409 mm	398.23 %

### Analisa Struktur Gedung Kondisi Perkuatan

Setelah melakukan analisa struktur pada gedung kondisi aktual, diketahui bahwa sebagian balok induk tidak memenuhi aspek kekuatan dan kekakuan Perbaikan struktur yang bisa dilakukan dengan memperbesar dimensi balok, penambahan serat karbon atau memasang profil baja untuk menahan gaya geser dan gaya torsi. Cara menambahkan elemen baru sering dilakukan dalam perkuatan struktur.

- a. Analisa Struktur Balok Kondisi Perkuatan



Gambar 6. Hasil Analisa Balok Kondisi Perkuatan

Cek kecukupan dimensi balok terhadap kuat Geser dan Torsi

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_n}{1.7 A_{cv}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3}\right) \\
 &= \sqrt{\left(\frac{78,255.86}{500 \times 450}\right)^2 + \left(\frac{49,129,452}{1.7 \cdot 169,003,21^2}\right)^2} \leq 0.60 \times \left(\frac{170,208.43}{500 \times 450} + \frac{2}{3} \sqrt{20.75}\right) \\
 &= \sqrt{0.1210 + 2.7684} \leq 0.60 \times (0.7565 + 3.0368) \\
 &= 1.700 \leq 2.276 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dimensi balok *mencukupi* untuk kuat Geser dan Torsi

- b. Analisa Struktur Kolom Kondisi Perkuatan Dari hasil *running* pada software SAP2000 tidak terdapat peringatan yang diindikasikan dengan warna merah pada kolom. Hal ini menerangkan bahwa kolom dalam kondisi aman.
- c. Resume analisis desain awal dibandingkan kondisi aktual.

NO	URAIAN	Kondisi Aktual		Kondisi Perkuatan	
		Nilai	Persen	Nilai	Persen
1	<b>Kebutuhan Luas Tulangan Minimum Balok</b>				
	a Balok Induk B-2 (40x50)	496.05 mm <sup>2</sup>	100 %	493.08 mm <sup>2</sup>	99.40 %
	b Balok Anak BA (30x40)	434.68 mm <sup>2</sup>	100 %	433.25 mm <sup>2</sup>	99.67 %
2	<b>Nilai Kapasitas Rasio Kolom</b>				
	a Kolom K-2 (65x65)	0.350	100 %	0.355	101.43 %
	b Kolom K-3 (50x50)	0.438	100 %	0.438	100.00 %
3	<b>Kinerja Batas Layan</b>				
	a Kolom K-2 (65x65)				
	- Arah x	3.253 mm	100 %	3.252 mm	99.97 %
	- Arah y	0.668 mm	100 %	0.666 mm	99.70 %
	b Kolom K-3 (50x50)				
	- Arah x	3.025 mm	100 %	3.024 mm	99.97 %
- Arah y	1.949 mm	100 %	1.947 mm	99.90 %	
4	<b>Kinerja Batas Ultimit</b>				
	a Kolom K-2 (65x65)				
	- Arah x	7.026 mm	100 %	7.024 mm	99.97 %
	- Arah y	1.443 mm	100 %	1.439 mm	99.72 %
	b Kolom K-3 (50x50)				
	- Arah x	6.534 mm	100 %	6.522 mm	99.82 %
- Arah y	4.210 mm	100 %	4.206 mm	99.90 %	

### Kesimpulan

1. Struktur kolom masih kuat/aman walaupun menjadi kolom langsing.
2. Perkuatan struktur terjadi pada balok induk di sebagian lokasi konstruksi.
3. Dimensi perkuatan pada balok induk dari ukuran 40x50 cm menjadi ukuran 50x50 cm.
4. Nilai kapasitas rasio kolom langsing menjadi lebih besar, tetapi masih dibawah satu ( $< 1$ ).
5. Kebutuhan minimum luas tulangan balok menjadi lebih kecil jika dibandingkan antara desain awal dengan kondisi aktual.
6. Nilai simpangan kinerja batas layan arah sumbu X bertambah besar, tetapi kurang dari 100% jika dibandingkan antara desain awal dengan kondisi aktual.
7. Nilai simpangan kinerja batas layan arah sumbu Y bertambah besar dan lebih dari 100% jika dibandingkan antara desain awal dengan kondisi aktual.

### Daftar Pustaka

1. Badan Standarisasi Nasional, **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002**, 2002
2. Badan Standarisasi Nasional, **Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002**, 2002
3. Departemen PU, **Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. SKBI-1.3.53.1987**, 1987.
4. McCormac, J.C. 2004. **Desain Beton Bertulang**. Edisi kelima. Jakarta : Erlangga.
5. Nawy,E.G. 2010. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Bandung : Refika Aditama.
6. Purwono, R. 2010. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI-1726 dan SNI-2847 Terbaru**. Surabaya : ITS Press.
7. Dipohusodo, I. 1993.**Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK.SNI T-15-1991-03**. Jakarta : Departemen PU RI.
8. Vis, W.C. dan Kusuma G.H. 1993. **Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03**. Jakarta : Erlangga.

