



# CINIA

The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)

## Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Tinggi Yang Terbengkalai Selama 15 Tahun Terhadap Gempa Berdasarkan SNI 1726 – 2012

Afif Navir Refani<sup>1</sup>, Muhammad Sigit Darmawan<sup>1</sup>, Mudji Irmawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Diploma Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya Jl. Arif Rahman Hakim, Sukolilo, Surabaya Indonesia

Navir.afif@gmail.com

### Abstrak

Gedung tinggi di Indonesia khususnya di Surabaya sudah dimulai pembangunannya sejak tahun 90an. Namun dikarenakan terjadi krisis moneter pada tahun 1998 membuat beberapa gedung tinggi di Surabaya menjadi terbengkalai penyelesaiannya. Salah satunya adalah Gedung Apartemen *Crystal Garden* di Jl. Embong Malang Surabaya yang memiliki 26 lantai. Dan saat ini gedung tersebut akan dimanfaatkan kembali sebagai hunian dan pusat perbelanjaan. Untuk dapat merealisasikan rencana pemanfaatan kembali suatu gedung tinggi, maka diperlukan suatu evaluasi kelayakan pada gedung tersebut terhadap gempa berdasarkan peraturan SNI 1726 2012. Dalam menentukan kelayakan suatu bangunan ditentukan dari parameter kualitas material gedung saat ini dan dari parameter respons struktur terhadap beban gempa. Untuk mengukur kualitas material dibutuhkan serangkaian pengujian struktur beton bertulang. Hasil yang diharapkan adalah dapat diketahui kelayakan bangunan dari segi kualitas material beton bertulang dan dari segi respons struktur gedung terhadap gempa yang akan dibandingkan dengan peraturan terkait yang berlaku di Indonesia.

*Kata kunci:* kelayakan, bangunan tinggi, terbengkalai 15 tahun

### 1 PENDAHULUAN

Gedung tinggi di Indonesia khususnya di Surabaya sudah dimulai pembangunannya sejak tahun 90an. Namun dikarenakan terjadi krisis moneter pada tahun 1998 membuat beberapa gedung tinggi di Surabaya menjadi terbengkalai penyelesaiannya. Salah satunya adalah Gedung Apartemen *Crystal Garden* di Jl. Embong Malang Surabaya yang memiliki 26 lantai. Dan saat ini gedung tersebut akan dimanfaatkan kembali sebagai hunian dan pusat perbelanjaan. Untuk dapat merealisasikan rencana pemanfaatan kembali suatu gedung tinggi, maka diperlukan suatu evaluasi kelayakan pada gedung tersebut terhadap gempa berdasarkan peraturan SNI 1726 2012.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Lokasi Gedung Crystal Garden; (b) Tampak Bangunan Crystal Garden

Pada bangunan gedung beton bertulang yang terbengkalai tanpa ada perawatan sama sekali selama kurang lebih 15 tahun, adanya dua standar bangunan beton bertulang untuk gedung tinggi yang baru yaitu SNI-1726 -2012 dan SNI-2847-2013 menyebabkan bangunan struktur beton bertulang tersebut perlu dievaluasi kembali kelayakannya. Hal ini disebabkan karena perencanaan bangunan pada saat 15 tahun yang lalu belum memperhatikan beberapa faktor yang lebih detail seperti pada saat ini. Selain itu penelitian mengenai evaluasi bangunan eksisting yang terbengkalai terhadap gempa belum banyak. Evaluasi kondisi eksisting bangunan beton bertulang berdasarkan SNI telah dilakukan oleh [1]–[5]. Para peneliti tersebut mengevaluasi bangunan berdasarkan material eksisting dan menggunakan SNI 1726 2002 dan SNI 2847 2002. Evaluasi kondisi eksisting bangunan yang dilakukan para peneliti ini dilakukan pada bangunan yang telah beroperasi sehingga

terdapat tahap penyelesaian akhir bangunan (*finishing*) dan terdapat kemungkinan bangunan masih dilakukan perawatan. Adapun penelitian mengenai kondisi eksisting pada gedung yang terbengkalai dengan usia 15 tahun dan didasarkan SNI gempa dan beton terbaru belum pernah dilakukan. Sehingga diperlukan suatu kajian kelayakan bangunan yang terbengkalai dengan umur 15 tahun berdasarkan standar peraturan terbaru.

Hasil yang diharapkan adalah dapat diketahui kelayakan bangunan dari segi kualitas material beton bertulang dari serangkaian pengujian yang dilakukan, serta dari segi respon struktur gedung terhadap gempa.



Gambar 2. (a) Denah Lantai Podium (Lantai 1 – 8) ; (b) Denah Tower (26 Lantai)

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam menentukan kelayakan suatu bangunan ditentukan dari parameter kualitas material gedung saat ini dan dari parameter respon struktur terhadap beban gempa, dimana aturan bangunan tahan gempa yang terbaru adalah SNI 1726 2012. Untuk mengukur kualitas material dibutuhkan serangkaian pengujian yang diaplikasikan pada elemen struktur Gedung *Crystal Garden* sebagai obyek penelitian. Beberapa rangkaian pengujian tersebut meliputi pengujian mutu beton, kepadatan beton, kondisi jumlah tulangan terpasang, kondisi selimut beton dan kondisi potensial korosi pada elemen struktur.

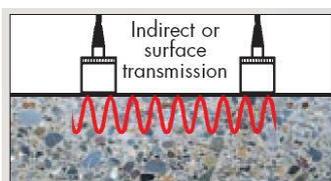
### 2.1. Pengujian Mutu Beton

Pengambilan sampel bor inti beton dilakukan berdasarkan ASTM C42-90. Di mana hal ini tergolong sebagai *destructive test* di mana sampel diambil dengan menggunakan mata bor berdiameter 4” sehingga didapatkan sampel inti beton berdiameter 94 mm. Adapun panjang dari sampel silinder beton setidaknya berkisar 1.9 sampai 2.1 kali diameter. Setelah itu, sampel bor inti beton akan dibuat menjadi benda uji tekan silinder. Di mana sampel berupa silinder *core drill* tersebut, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian terhadap kekuatan tekan beton. Begitu pula apabila terdapat sampel baja tulangan yang ikut terambil, maka sampel tersebut nantinya akan digunakan sebagai benda uji tarik baja tulangan.

Pengujian kuat tekan di laboratorium terhadap sample silinder beton tadi dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine (UTM)* 200tf. Kuat tekan dari sample silinder beton didapat dengan membagi beban tekan maksimum dengan luas permukaan tekan dari sample.

### 2.2. Pengujian Kepadatan Beton

Pengujian tingkat kerapatan beton menggunakan alat *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* dilakukan dengan mengacu pada ketentuan ASTM C-597. Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kepadatan beton berdasarkan kecepatan dari gelombang ultrasonik dengan frekwensi 50 KHz. Kecepatan gelombang tersebut akan semakin cepat bila melalui beton yang kepadatannya cukup tinggi dan begitu juga sebaliknya terhadap beton yang kepadatannya kurang. Adapun pengukuran dilakukan dengan cara tidak langsung (*indirect*) di mana posisi *transmitter* dan *receiver* diletakkan pada bidang uji yang sama. Dari hasil test akan didapatkan kecepatan rambat gelombang *ultrasonic (V, m/s)* dari setiap lokasi yang diuji dan hasilnya dibandingkan dengan klasifikasi hasil UPV menurut BS 1881-1986 (2004).

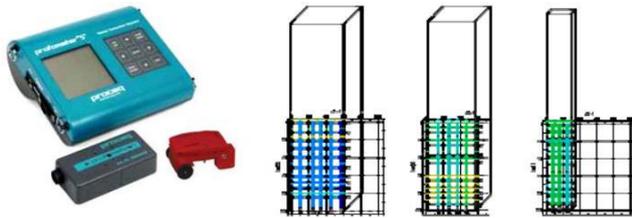


Kecepatan V (m/s)	Klasifikasi
$V < 2130$	Kurang
$2130 < V < 3060$	Cukup
$3060 < V < 3670$	Cukup Baik
$3670 < V < 4570$	Baik
$V > 4570$	Baik Sekali

### 2.3. Kondisi Jumlah Tulangan Terpasang dan Tebal Selimut Beton

Untuk keperluan verifikasi dimensi dan penulangan elemen struktur balok, kolom dan pelat struktur Gedung *Crystal Garden* ini, maka diperlukan pengujian rebar detector test. Pengujian ini bertujuan untuk mencari letak penulangan yang berada didalam elemen struktur seperti balok, pelat dan kolom.

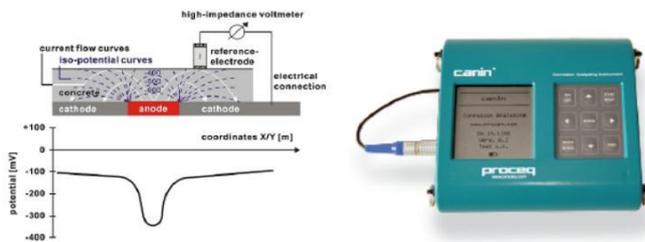
Pengukuran ini menggunakan induksi gelombang magnet yang mana pantulan gelombang dari tulangan terpasang akan menunjukkan posisi tulangan baik jarak pemasangan maupun posisi dari tepi elemen beton. Posisi dari tepi elemen beton inilah yang dinamakan tebal selimut beton. Pengukuran yang dilakukan ini menggunakan alat bantu dari PROCEQ yaitu Profometer S.



Gambar 4. Alat Rebar Detector tipe Proceq Profometer S dan contoh aplikasinya pada kolom

### 2.4. Kondisi Potensial Korosi Beton

Pengukuran nilai potensial terjadinya korosi menggunakan metode pengukuran nilai *half cell potential* dari tulangan yang terpasang. Dalam metode ini pengukuran berdasarkan nilai potensial yang terjadi pada permukaan beton yang dihubungkan dengan kondisi korosi baja yang terdapat di dalam beton. Dan pengukuran menggunakan alat bantu CANIN+ *Corrosion Analyser*. Yang mana pada dasarnya alat ini mengukur perbedaan nilai *half cell potential* pada permukaan beton dengan elektroda standard adalah *Cupri Sulfat* (CuSO<sub>4</sub>).



Gambar 5. Metode Pengukuran *Half Cell Potential* dan Alat CANIN+

Tabel 1. Hubungan Nilai Potensial Tulangan dengan Kemungkinan Korosi pada Tulangan Sesuai ASTM C.876

Nilai Potensial	Kondisi Tulangan
> - 200 mV	Kemungkinan korosi < 10 %
- 200 mV s/d - 350 mV	Korosi tidak menentu ( $\pm 50\%$ )
< -350 mV	Tingkat korosi bisa mencapai 90%

### 2.5. Analisa Struktur dengan Beban Gempa sesuai SNI 1726-2012

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi *response spectrum* ditetapkan sesuai peta wilayah gempa untuk daerah Surabaya–Jawa Timur. Berdasarkan SNI 1726-2012, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun.

Untuk wilayah gempa berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 14, ditetapkan berdasarkan parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0.2 detik) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Faktor keutamaan dari gedung ini yang merupakan bangunan hunian memiliki faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1, karena sesuai tabel 1 SNI 1726-2012 bangunan gedung apartemen termasuk dalam kategori resiko II. Respons spektral merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan tahan gempa. Respons spektral menggambarkan respon maksimum dari suatu sistem *Single Degree of Freedom* (SDOF) baik berupa percepatan (a), kecepatan (v) maupun perpindahan (d) untuk periode natural tertentu akibat beban gempa. Besaran gaya gempa merujuk pada persamaan pada SNI 1726-2012 adalah :

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W_t$  = berat total gedung

**Kontrol Periode Alami Struktur**

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan dalam SNI 1726-2012 sebesar :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana :

$h_n$  = ketinggian struktur (103 m)

$C_t$  = parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.0466)  $x$  = parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.9)

Tabel 2. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI 1726-2012, Tabel 14)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

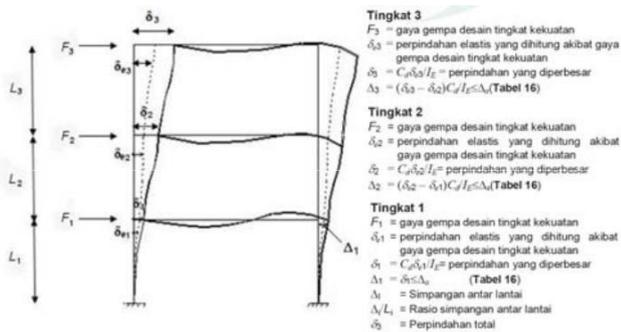
Tabel 3. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung (SNI 1726-2012, Tabel 15)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

dengan batas atas periode fundamental struktur sebesar,  $T_{a\ atas} = C_u \cdot T_a$

**Kontrol Simpangan Antar Lantai**

Simpangan antar lantai ( $\Delta$ ), akibat gempa yang ditinjau dengan analisa elastis, yang ditunjukkan oleh gambar 6 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ).



Gambar 6. Penentuan Simpangan antar Lantai

Tabel 4. Simpangan Ijin antar Lantai,  $\Delta_a$  (SNI 1726-2012, Tabel 16)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 $h_{sx}$ <sup>e</sup>	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

**3 METODE PENELITIAN**

Metode penelitian tentang evaluasi kelayakan struktur gedung tinggi yang terbengkalai selama 15 tahun terhadap gempa berdasarkan SNI 1726 2012 ini secara garis besar adalah sebagai berikut :

- Tahapan Persiapan
  1. Menyusun pendekatan dan metodologi.
  2. Pengumpulan Data Sekunder
- Survey dan Pengujian Material Beton Bertulang, meliputi :
  - a. Pengambilan sample beton (benda uji) dengan *core drill*, dilakukan berdasarkan ASTM C42-90.
  - b. Pengujian kemungkinan korosi pada Beton dengan *Halfcell Potential Test* sesuai dengan ASTM C 876.
  - c. Pengujian kualitas kepadatan beton dengan *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPV Test)* sesuai dengan ASTM C 597.
  - d. Pengukuran tebal selimut beton dan jumlah baja tulangan dengan *Rebar Detector Test* sesuai dengan SNI 2847-2013.
  - e. Pengujian kekuatan tekan beton terhadap benda uji *core drill*, sesuai persyaratan ASTM C39-93A.
- Tahap Analisa  
Analisa data terhadap evaluasi kondisi struktur gedung tinggi yang terbengkalai selama 15 tahun terhadap gempa berdasarkan SNI 1726 2012, meliputi beberapa hal sebagai berikut :
  1. Analisis dan evaluasi mutu kekuatan tekan beton dan mutu tarik baja dari hasil-hasil pengujian beton, baik dari hasil test non-destruktif maupun destruktif.
  2. Analisa struktur dilakukan untuk mengetahui performa terkini dari gedung tersebut berdasarkan dari observasi yang telah dilakukan di lapangan.
  3. Verifikasi struktur dilakukan dengan membuat pemodelan bangunan secara menyeluruh sesuai dengan data gambar existing dan hasil penyelidikan struktur. Model stuktur tersebut kemudian disimulasikan terhadap beban rencana (termasuk beban gempa) dan diteliti perilakunya.

- Kesimpulan

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Hasil Pengujian Struktur di Lapangan dan Laboratorium

- Hasil pengujian kuat tekan di laboratorium mendapatkan luaran kuat tekan dari sampel silinder beton (CD 1 s/d CD 6). Kuat tekan rata-rata adalah sebesar = 313,94 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kuat tekan minimum terjadi pada sampel CD 4 dengan min = 303,24 kg/cm<sup>2</sup>.
- Hasil klasifikasi beton berdasarkan nilai rata – rata pengujian UPV pada Gedung *Crystal Garden* menunjukkan bahwa kepadatan beton aktual bangunan masih masuk dalam kategori “Cukup Baik”.
- Pengujian *rebar detector* dilakukan pada gedung *Crystal Garden* dengan tujuan untuk mengetahui penulangan dari elemen struktur yang ditinjau, sehingga selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kelayakan struktur.
- Hasil pengujian potensial korosi menunjukkan bahwa pada elemen struktur pelat, balok dan kolom Gedung *Crystal Garden* ini rata – rata nilainya adalah sebesar : -87,33 mV. Jika kemudian dihubungkan dengan Tabel Hubungan Nilai Potensial Tulangan dengan Kemungkinan Korosi pada Tulangan sesuai ASTM C.876, maka elemen struktur pada Gedung *Crystal Garden* ini masih dalam kategori kemungkinan korosi < 10%.

Tabel 5. Penulangan Elemen Struktur Hasil Rebar Detector Test

Item	Dimensi (mm)	Tulangan Longitudinal			Tulangan Transversal		Tulangan Torsi
		Lokasi	Tumpuan	Lapangan	Lapangan	Tumpuan	
BU1	300 x 800	Atas	5 D 25	4 D 25	φ8 – 100	φ8 – 150	4 φ 10
		Bawah	4 D 25	4 D 25			
BU2	300 x 800	Atas	5 D 25	3 D 25	φ8 – 100	φ8 – 150	4 φ 10
		Bawah	3 D 25	5 D 25			
BA	200 x 400	Atas	3 D 22	2 D 22	φ8 – 100	φ8 – 150	–
		Bawah	2 D 22	3 D 22			
K1	∅ 1300		112 D 25		D16 – 100		
K2 & K3	∅ 1300		45 D 25		D13 – 100		
K4	∅ 1000		46 D 22		D13 – 100		
S1	150		φ16 – 100				
SW1A-B	350		D25 – 300		φ10 - 100		

##### 4.2. Hasil Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan untuk mengevaluasi performa eksisting gedung *Crystal Garden*. Perhitungan kekuatan penampang akan dilakukan dengan kekuatan material aktual dan dibandingkan dengan hasil gaya-gaya dalam pada analisa struktur. Mutu beton yang dipakai dalam analisa kali ini adalah 303,24 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan mutu tulangan baja yang dipakai adalah 320 N/mm<sup>2</sup> untuk tulangan polos dan 400 N/mm<sup>2</sup> untuk tulangan ulir.

Permodelan beban yang diberikan meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin. Beban gempa dimodelkan dengan analisa *respons spectrum*. Susunan kombinasi beban mengikuti SNI-2847-2013.

Pada evaluasi kapasitas penampang, stuktur gedung *Crystal Garden* diasumsikan sebagai struktur rangka pemikul momen khusus. Sehingga perhitungan analisa kapasitas penampang mengikuti persyaratan dari pasal 21.5 SNI-2847-2013. Tabel 6 dan 7 menunjukkan analisa penampang pada elemen struktur balok dan kolom. Kuat nominal momen  $M_n$  dihitung berdasarkan ekuivalen *stress block* dari SNI-2847-2013. Perhitungan tersebut menggunakan kekuatan material aktual. Angka rasio lebih dari 1 menunjukkan bahwa kapasitas penampang lebih kecil dari beban yang bekerja.

Tabel 6. Hasil analisa penampang balok

Balok	$\phi M_n$ kNm	$M_u$ kNm	$\phi M_n / M_u$	$\phi V_n$ kN	$V_u$ kN	$\phi V_n / V_u$
BU1	1136	529	2.15	471	403	1.17
BU2	1136	542	2.10	471	470	1.00

Tabel 7. Hasil analisa penampang kolom

Item	$\phi P_n$ kNm	$P_u$ kNm	$\phi P_n / P_u$	$\phi V_n$ kN	$V_u$ kN	$\phi V_n / V_u$
K1	28427	26538	1.07	2470	334	7.39
K2 & K3	27272	22349	1.22	2173	334	6.50

Dimana :  $\phi M_n$  : Kapasitas Momen suatu penampang;  $M_u$  : Momen Ultimit yang bekerja pada penampang  
 $\phi V_n$  : kapasitas geser suatu penampang;  $V_e$  : gaya geser yang bekerja akibat moment  $M_{pr}$

Dari tabel tersebut ditunjukkan bahwa kapasitas nominal balok untuk lentur dan geser BU1, BU2 dan BA lebih besar daripada beban yang bekerja. Meskipun telah dimasukkan parameter kombinasi beban gempa menurut SNI 1726 2012, masih didapatkan rasio kapasitas lentur balok maupun gesernya lebih dari 1. Sedangkan rasio kapasitas aksial, lentur dan geser kolom K1, K2 & K3 juga memiliki nilai lebih dari 1 yang menunjukkan bahwa kapasitas aksial, lentur dan geser kolom lebih besar dari gaya-gaya yang bekerja pada kolom tersebut.

Respons dinamik dari gedung *Crystal Garden* ini juga ditinjau menurut persyaratan yang ada dalam SNI 1726 2012. Kontrol yang pertama adalah periode alami struktur, dengan permodelan SAP2000 didapatkan periode alami gedung adalah sebesar 3.682 detik dan nilai tersebut masih dibawah batas atas periode alami gedung yang diijinkan oleh SNI 1726-2012 yaitu sebesar 4,23 detik. Kedua adalah kontrol simpangan antar lantai didapatkan simpangan antar yang terjadi masih dibawah simpangan maksimal yang diijinkan oleh SNI 1726-2012 baik arah x maupun arah y.

Tabel 8. Hasil kontrol simpangan antar lantai arah x dan y gedung.

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\delta_a$ (mm)	KET	Lantai	Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\delta_a$ (mm)	KET
Lantai 25	100.00	4.00	184	7.77	42.76	80	OK	Lantai 25	100.00	4.00	212.1	1.08	5.96	80	OK
Lantai 24	96.00	4.00	176.2	5.47	30.11	80	OK	Lantai 24	96.00	4.00	211	7.02	38.60	80	OK
Lantai 23	92.00	4.00	170.8	7.06	38.85	80	OK	Lantai 23	92.00	4.00	204	7.20	39.60	80	OK
Lantai 22	88.00	4.00	163.7	7.27	40.00	80	OK	Lantai 22	88.00	4.00	196.8	7.48	41.13	80	OK
Lantai 21	84.00	4.00	156.4	7.45	41.00	80	OK	Lantai 21	84.00	4.00	189.3	7.78	42.81	80	OK
Lantai 20	80.00	4.00	149	7.67	42.21	80	OK	Lantai 20	80.00	4.00	181.6	8.15	44.81	80	OK
Lantai 19	76.00	4.00	141.3	7.93	43.59	80	OK	Lantai 19	76.00	4.00	173.4	8.55	47.03	80	OK
Lantai 18	72.00	4.00	133.4	8.19	45.06	80	OK	Lantai 18	72.00	4.00	164.9	8.97	49.35	80	OK
Lantai 17	68.00	4.00	125.2	8.46	46.56	80	OK	Lantai 17	68.00	4.00	155.9	9.39	51.65	80	OK
Lantai 16	64.00	4.00	116.7	8.81	48.44	80	OK	Lantai 16	64.00	4.00	146.5	9.85	54.17	80	OK
Lantai 15	60.00	4.00	107.9	8.92	49.06	80	OK	Lantai 15	60.00	4.00	136.7	10.12	55.65	80	OK
Lantai 14	56.00	4.00	98.99	9.09	50.01	80	OK	Lantai 14	56.00	4.00	126.5	10.43	57.38	80	OK
Lantai 13	52.00	4.00	89.9	9.27	50.98	80	OK	Lantai 13	52.00	4.00	116.1	10.66	58.60	80	OK
Lantai 12	48.00	4.00	80.63	9.00	49.49	80	OK	Lantai 12	48.00	4.00	105.4	10.78	59.30	80	OK
Lantai 11	44.00	4.00	71.63	8.91	49.01	80	OK	Lantai 11	44.00	4.00	94.67	10.81	59.46	80	OK
Lantai 10	40.00	4.00	62.72	8.65	47.58	80	OK	Lantai 10	40.00	4.00	83.86	10.74	59.05	80	OK
Lantai 9	36.00	4.00	54.07	8.12	44.66	80	OK	Lantai 9	36.00	4.00	73.12	10.49	57.69	80	OK
Lantai 8	32.00	4.00	45.95	7.55	41.52	80	OK	Lantai 8	32.00	4.00	62.63	11.78	64.79	80	OK
Lantai 7	28.00	4.00	38.4	6.35	34.91	80	OK	Lantai 7	28.00	4.00	50.85	9.19	50.56	80	OK
Lantai 6	24.00	4.00	32.05	5.78	31.81	80	OK	Lantai 6	24.00	4.00	41.66	4.86	26.75	80	OK
Lantai 5	20.00	4.00	26.27	5.68	31.25	80	OK	Lantai 5	20.00	4.00	36.79	5.91	32.48	80	OK
Lantai 4	16.00	4.00	20.59	5.55	30.54	80	OK	Lantai 4	16.00	4.00	30.89	6.80	37.37	80	OK
Lantai 3	12.00	4.00	15.04	5.24	28.80	80	OK	Lantai 3	12.00	4.00	24.09	7.47	41.11	80	OK
Lantai 2	8.00	4.00	9.799	4.82	26.49	80	OK	Lantai 2	8.00	4.00	16.62	7.77	42.75	80	OK
Lantai Mez	4.00	4.00	4.983	3.80	20.91	80	OK	Lantai Mez	4.00	4.00	8.843	6.69	36.79	80	OK
Lantai 1	0.00	3.00	1.18	1.18	6.49	60	OK	Lantai 1	0.00	3.00	2.153	2.15	11.84	60	OK
Lantai BS	-3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	60	OK	Lantai BS	-3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	60	OK

## 5. KESIMPULAN

Evaluasi kelayakan gedung yang terbelongkai 15 tahun pada gedung *Crystal Garden* yang dianalisa dan dievaluasi menggunakan gempa sesuai SNI 1726 2012 memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Gedung tinggi pada umumnya telah dirancang dengan mutu material yang tinggi sehingga meskipun terbengkalai selama 15 tahun lebih, dari sisi mutu material dan potensi korosi masih menunjukkan performa yang baik.
2. Gedung tinggi umumnya juga telah dirancang dengan dimensi dan penulangan elemen struktur yang memiliki faktor keamanan cukup tinggi. Sehingga walaupun ditinjau menggunakan pembebanan gempa sesuai SNI 1726 2012, struktur masih menunjukkan respon yang cukup baik dan layak untuk difungsikan kembali sebagai hunian dan pusat perbelanjaan.
3. Selain faktor perancangan yang ketat, faktor pelaksanaan pembangunan juga memiliki pengaruh yang signifikan dalam keawetan bangunan. Hal ini dapat terukur dari tingkat kepadatan beton yang baik dan selimut beton yang terpasang sesuai peraturan yang berlaku.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. CHRISTIAWAN, I., TRIWIYONO, A., AND CHRISTADY, "Evaluasi Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan," *Forum Tek. Sipil*, vol. 17, pp. 725–738, 2008.
- [2] M. S. HUSIN, N. A., AND DARMAWAN, "Evaluasi Struktur Gedung Bank Papua Cabang Manokwari Pasca Gempa," in *ATPW*, 2008, pp. 62–71.
- [3] D. MADUTUJUH, N., PRAWIRANEGARA, J., ARIADI, AND NATALIUS, "Audit Kekuatan Struktur dan Perkuatan Struktur Pasca Gempa," in *HASTAG*, 2013.
- [4] F. MARSIANO, AND SETIAWAN, "Evaluasi Struktur Gedung Head Office PT. TMMN.," *Saintech*, vol. 19, pp. 16–21, 2009.
- [5] T. WINARSIH, "Asesmen Kekuatan Struktur Bangunan Gedung," Universitas Sebelas Maret, 2010.