

EVALUASI KINERJA SISTEM RANGKA BAJA DAN BETON KOMPOSIT PEMIKUL MOMEN KHUSUS YANG DIDESAIN BERDASARKAN SNI 1729:2015

Anthony¹, Tri Fena Yunita Savitri², Hasan Santoso³

ABSTRAK : Dalam perencanaannya struktur bangunan harus didesain agar mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Ada berbagai sistem yang dapat digunakan untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan dalam hal ini penelitian meninjau sistem struktur komposit. Kurangnya aplikasi struktur komposit di Indonesia dimana sangat berkembang pesat di berbagai negara maju menjadi salah satu faktor dari latar belakang penelitian ini. Selain itu, juga karena adanya peraturan SNI 1729:2015 dimana peraturan tersebut merupakan aturan terbaru untuk mendesain struktur komposit di Indonesia. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah sistem rangka baja dan beton komposit yang didesain berdasarkan SNI 1729:2015 dalam menerima beban gempa di Indonesia dapat menghasilkan kinerja struktur yang baik pada bangunan bertingkat. Pada penelitian ini akan digunakan sistem struktur komposit dengan beban respons spektrum pada kota Surabaya dan Jayapura menurut SNI 1726:2012. Kinerja struktur akan diperiksa menggunakan *nonlinear time history analysis*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa desain dengan menggunakan SNI 1729:2015 menghasilkan kinerja struktur komposit yang cukup baik terhadap beban gempa dengan periode ulang 2500 tahun (gempa besar) sebaliknya pada gempa dengan periode ulang 500 tahun (gempa sedang), bangunan memiliki kinerja yang kurang baik.

KATA KUNCI: sistem rangka baja dan beton komposit, struktur komposit.

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Hal ini mengakibatkan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terjadi gempa, oleh karena itu diperlukan desain khusus untuk bangunan di Indonesia yang mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Dalam Standar Nasional Indonesia 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, ada 84 macam sistem penahan gempa yang dapat digunakan. Salah satunya adalah sistem rangka baja dan beton komposit dimana penggunaan strukturnya sudah banyak berkembang di berbagai negara maju seperti Jepang dan Cina. Akan tetapi, di Indonesia struktur komposit masih kurang dalam penggunaannya pada bangunan bertingkat sehingga faktor tersebut menjadi salah satu latar belakang dari penelitian ini. Selain itu, apabila peraturan antara SNI 03-1729-2002 dengan SNI 1729:2015 dibandingkan satu dengan yang lain tentu sudah banyak revisi mengenai aturan struktur komposit didalamnya. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi kinerja suatu bangunan struktur komposit dengan memperhitungkan gaya gempa di Indonesia yang didesain berdasarkan SNI 1729:2015 untuk spesifikasi struktur kompositnya, sedangkan untuk aturan desain gempa menggunakan SNI 1726:2012. Struktur komposit yang digunakan adalah balok komposit yang menggunakan kombinasi pelat beton dan profil baja yang akan bekerja sebagai satu kesatuan dengan adanya penggunaan *stud shear connector*, kemudian pada kolom digunakan profil baja yang terbungkus dengan struktur beton. Setelah desain kapasitas tersebut memenuhi aturan SNI 1729:2015 dilakukan perhitungan analisa dinamis *time history* nonlinier dan hasilnya akan dievaluasi dengan *Performace Based Design*.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, anti_nori@hotmail.com.

² Mahasiswi Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, trifz_94@hotmail.com.

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, hasan@petra.ac.id.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Respon Spektrum

Respon spektrum menggunakan sebuah kurva respon dengan periode getar struktur T (sumbu x) dan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu (sumbu y). Respon spektrum desain ditentukan dengan parameter respon ragam yang disesuaikan dengan klasifikasi situs dimana bangunan tersebut akan dibangun, kemudian dibagi dengan kuantitas R/I . (Departemen Pekerjaan Umum, 2012).

2.2 Sistem Rangka Baja dan Beton Pemikul Momen Khusus

Sesuai SNI 1729:2015 bab I dalam mendesain struktur komposit, persyaratan yang harus dipenuhi selain kapasitas penampang, pembatasan terhadap material yang digunakan dan syarat penampangnya, yaitu ketentuan *strong column weak beam*. Persyaratan ini bertujuan agar tidak terjadi kegagalan pada kolom.

2.3 Analisa Time History Nonlinier

Analisis ini dilakukan untuk mempelajari perilaku gedung pada tiap detiknya, baik dalam keadaan elastik maupun paska-elastik. Pada penelitian ini, analisis respons dinamik nonlinier riwayat waktu dilakukan dengan metode analisis dinamik tiga dimensi dengan beban berupa suatu data akselerogram gempa dalam hal ini digunakan gempa El Centro N-S yang telah direkam pada tanggal 18 Mei 1940 di California yang telah dimodifikasi terhadap periode ulang gempa 2500 tahun dengan program ETABS v15.2, berdasarkan SNI 1726:2012.

2.4 Performance Based Design

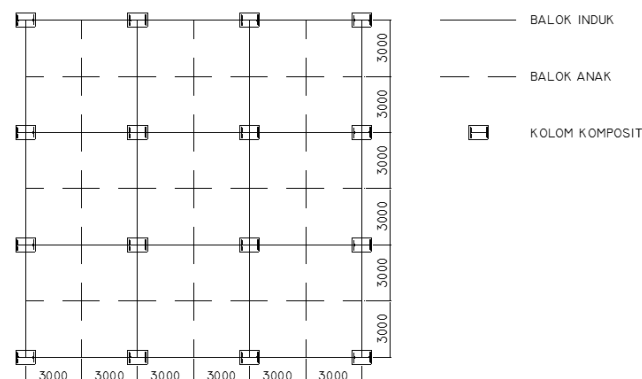
Setelah perencanaan desain kapasitas telah terpenuhi berdasarkan SNI 1729:2015 dilakukan analisis *time history* nonlinier dan hasilnya akan dievaluasi berdasarkan FEMA 356 dimana kinerja bangunan akan dikategorikan sebagai bangunan dengan kategori *Immediate Occupancy*, *Life Safety* atau *Collapse Prevention*. Hasil yang akan menjadi bahan evaluasi adalah *displacement*, *drift ratio* dan *damage index*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan *preliminary design* dan pemodelan struktur menggunakan ETABS v15.2. Digunakan empat model bangunan, dapat dilihat pada **Tabel 1** dan denahnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Gambar 1. Denah Bangunan 3L06, 3H06, 3L12 dan 3H12



Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan

| Kode Bangunan | Makna Kode | Alasan Pemilihan |
|---------------|--|--|
| 3L06 | Bangunan 3 Bentang, pada wilayah gempa Surabaya, 6 lantai | <i>Low rise building</i> pada wilayah gempa rendah. |
| 3H06 | Bangunan 3 Bentang, pada wilayah gempa Jayapura, 6 lantai | <i>Low rise building</i> pada wilayah gempa tinggi. |
| 3L12 | Bangunan 3 Bentang, pada wilayah gempa Surabaya, 12 lantai | <i>Medium rise building</i> pada wilayah gempa rendah |
| 3H12 | Bangunan 3 Bentang, pada wilayah gempa Jayapura, 12 lantai | <i>Medium rise building</i> pada wilayah gempa tinggi. |

2. Ditentukan beban – beban yang terjadi, termasuk beban respon spektrum gempa.
3. Dilakukan *capacity design* sesuai dengan syarat desain struktur komposit.
4. Pemeriksaan *drift* bangunan, apabila tidak terpenuhi dilakukan *redesign*.
5. Evaluasi kinerja bangunan dengan *non linear time history analysis* dengan ETABS v15.2.

4. HASIL DAN ANALISIS

Dari hasil desain, didapatkan dimensi penampang, *displacement*, *drift ratio* dan *damage index*.

4.1 Dimensi Penampang

Dimensi penampang yang digunakan memenuhi syarat *capacity design* baik dalam perencanaan struktur komposit. Hasil interaksi menunjukkan bahwa dimensi penampang yang digunakan dalam keadaan kapasitas kekuatan yang berlebih karena interaksi cukup jauh dari angka 1, hal ini dikarenakan untuk pemenuhan syarat *story drift* ijin dari bangunan yang ditinjau. Ukuran penampang yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 2.** s.d. **Tabel 13.**

Tabel 2. Dimensi Penampang Balok Induk yang Digunakan pada Bangunan 3L06

| Lantai | Letak Balok Induk | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | \sum tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|---------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|----------|-----------------|-----------------------|
| 1 s/d 5 | eksterior | WF 400x200x7x11 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | WF 350x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 13 |
| 6 | eksterior | WF 300x150x6.5x9 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 8 | 13 |
| | interior | | | | | 1.5 | | |

Tabel 3. Dimensi Penampang Balok Anak yang Digunakan pada Bangunan 3L06

| Lantai | Letak Balok Anak | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | \sum tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|---------|------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|----------|-----------------|-----------------------|
| 1 s/d 6 | interior 1 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 8 | 13 |
| | interior 2 | WF 200x100x5.5x8 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |

Tabel 4. Dimensi Penampang Balok Induk yang Digunakan pada Bangunan 3H06

| Lantai | Letak Balok Induk | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | \sum tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|---------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|----------|-----------------|-----------------------|
| 1 | eksterior | WF 500x200x11x19 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | WF 450x200x8x12 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 16 |
| 2 s/d 5 | eksterior | WF 450x200x9x14 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | WF 450x200x8x12 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 16 |
| 6 | eksterior | WF 300x150x6.5x9 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 8 | 13 |
| | interior | | | | | 1.5 | | |

Tabel 5. Dimensi Penampang Balok Anak yang Digunakan pada Bangunan 3H06

| Lantai | Letak Balok Anak | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | Σ tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|---------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 s/d 5 | interior 1 | WF 350x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 13 |
| | interior 2 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |
| 6 | interior 1 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 8 | 13 |
| | interior 2 | WF 200x100x5.5x8 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |

Tabel 6. Dimensi Penampang Balok Induk yang Digunakan pada Bangunan 3L12

| Lantai | Letak Balok Induk | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | Σ tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|----------|----------------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 s/d 11 | eksterior | WF 450x200x9x14 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | WF 400x200x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 16 |
| 12 | eksterior | WF 300x150x6.5x9 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 8 | 13 |
| | interior | | | | | 1.5 | | |

Tabel 7. Dimensi Penampang Balok Anak yang Digunakan pada Bangunan 3L12

| Lantai | Letak Balok Anak | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | Σ tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|----------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 s/d 11 | interior 1 | WF 350x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 13 |
| | interior 2 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |
| 12 | interior 1 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 8 | 13 |
| | interior 2 | WF 200x100x5.5x8 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |

Tabel 8. Dimensi Penampang Balok Induk yang Digunakan pada Bangunan 3H12

| Lantai | Letak Balok Induk | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | Σ tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|----------|----------------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 s/d 4 | eksterior | WF 600x300x14x23 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | | | | | 1.5 | | |
| 5 s/d 11 | eksterior | WF 600x300x14x23 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 10 | 16 |
| | interior | WF 500x200x9x14 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 16 |
| 12 | eksterior | WF 300x150x6.5x9 | 150 | 25 | 6 | 0.75 | 8 | 13 |
| | interior | | | | | 1.5 | | |

Tabel 9. Dimensi Penampang Balok Anak yang Digunakan pada Bangunan 3H12

| Lantai | Letak Balok Anak | Profil WF | Tebal Pelat (mm) | Tebal Selimut (mm) | Bentang (m) | beff (m) | Σ tulangan | Ø tulangan utama (mm) |
|----------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 s/d 11 | interior 1 | WF 350x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 13 |
| | interior 2 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |
| 12 | interior 1 | WF 250x175x7x11 | 150 | 25 | 6 | 1.5 | 8 | 13 |
| | interior 2 | WF 200x100x5.5x8 | 150 | 25 | 3 | 0.75 | 6 | 13 |

Tabel 10. Dimensi Penampang Kolom Komposit yang Digunakan pada Bangunan 3L06

| Lantai | Letak Kolom | DATA | | Keterangan |
|------------|--------------------------------------|----------------------|--------|------------------|
| Lantai 1-6 | K-sudut K-interior K-eksterior | Dimensi | Lebar | 500 mm |
| | | | Tinggi | 500 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 350x350x12x19 |
| | | Tebal Selimut | | 40 mm |
| | | Σ tulangan | | 6 buah |
| | | Ø tulangan utama | | 22 mm |
| | | Ø sengkang | | 10 mm |

Tabel 11. Dimensi Penampang Kolom Komposit yang Digunakan pada Bangunan 3H06

| Lantai | Letak Kolom | DATA | | Keterangan |
|------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| Lantai 1 | K-sudut K-interior K-ekterior | Dimensi | Lebar | 750 mm |
| | | | Tinggi | 750 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 400x400x18x28 |
| | | Tebal Selimut | | 59.5 mm |
| | | Σ tulangan | | 16 buah |
| | | \varnothing tulangan utama | | 32 mm |
| | | \varnothing sengkang | | 16 mm |
| Lantai 2-6 | K-sudut K-interior K-ekterior | Dimensi | Lebar | 750 mm |
| | | | Tinggi | 750 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 400x400x18x28 |
| | | Tebal Selimut | | 59.5 mm |
| | | Σ tulangan | | 6 buah |
| | | \varnothing tulangan utama | | 22 mm |
| | | \varnothing sengkang | | 16 mm |

Tabel 12. Dimensi Penampang Kolom Komposit yang Digunakan pada Bangunan 3L12

| Lantai | Letak Kolom | DATA | | Keterangan |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| Lantai 1-12 | K-sudut K-interior K-ekterior | Dimensi | Lebar | 750 mm |
| | | | Tinggi | 750 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 400x400x18x28 |
| | | Tebal Selimut | | 59.5 mm |
| | | Σ tulangan | | 6 buah |
| | | \varnothing tulangan utama | | 22 mm |
| | | \varnothing sengkang | | 16 mm |

Tabel 13. Dimensi Penampang Kolom Komposit yang Digunakan pada Bangunan 3H12

| Lantai | Letak Kolom | DATA | | Keterangan |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| Lantai 1-8 | K-sudut K-interior K-ekterior | Dimensi | Lebar | 1000 mm |
| | | | Tinggi | 1000 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 500x500x19x32 |
| | | Tebal Selimut | | 93 mm |
| | | Σ tulangan | | 16 buah |
| | | \varnothing tulangan utama | | 32 mm |
| | | \varnothing sengkang | | 16 mm |
| Lantai 9-12 | K-sudut K-interior K-ekterior | Dimensi | Lebar | 750 mm |
| | | | Tinggi | 750 mm |
| | | Profil <i>H-beam</i> | | WF 400x400x18x28 |
| | | Tebal Selimut | | 59.5 mm |
| | | Σ tulangan | | 6 buah |
| | | \varnothing tulangan utama | | 22 mm |
| | | \varnothing sengkang | | 16 mm |

4.2 Displacement dan Drift Ratio

Hasil *displacement* dan *drift ratio* dapat dilihat pada **Tabel 14** dan **Tabel 15**.

Tabel 14. Displacement Maksimum terhadap Gempa dengan Periode Ulang 500 dan 2500 Tahun

| Periode Ulang Gempa | Model Bangunan | Displacement (mm) | |
|---------------------|----------------|-------------------|--------|
| | | Arah X | Arah Y |
| 500 tahun | 3L06 | 200.2 | 221.1 |
| | 3H06 | 471.3 | 472.6 |
| | 3L12 | 489 | 490 |
| | 3H12 | 587.2 | 589 |
| 2500 tahun | 3L06 | 226.6 | 229.8 |
| | 3H06 | 551.2 | 556.8 |
| | 3L12 | 513.5 | 513.6 |
| | 3H12 | 938.9 | 941.5 |

Tabel 15. Drift Ratio Maksimum terhadap Gempa dengan Periode Ulang 500 dan 2500 Tahun

| Periode Ulang Gempa | Model Bangunan | Drift Ratio (%) | |
|---------------------|----------------|-----------------|--------|
| | | Arah X | Arah Y |
| 500 tahun | 3L06 | 1.289 | 1.3616 |
| | 3H06 | 2.526 | 2.538 |
| | 3L12 | 1.685 | 1.689 |
| | 3H12 | 1.794 | 1.803 |
| 2500 tahun | 3L06 | 1.2686 | 1.4399 |
| | 3H06 | 3.031 | 3.051 |
| | 3L12 | 1.813 | 1.816 |
| | 3H12 | 2.875 | 2.890 |

4.3 Lokasi Sendi Plastis

Lokasi terjadinya sendi plastis dapat dilihat pada **Tabel 16**.

Tabel 16. Lokasi Terjadinya Sendi Plastis

| Periode Ulang Gempa | Model Bangunan | Portal Eksterior | | Portal Interior | |
|---------------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | Arah X | Arah Y | Arah X | Arah Y |
| 500 tahun | 3L06 | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | 3H06 | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) |
| | | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) |
| | 3L12 | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| 2500 tahun | 3L06 | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | 3H06 | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) |
| | | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) | Kolom (Bawah) |
| | 3L12 | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |
| | | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk | Balok Induk |

4.4 Damage Index

Batas kinerja *damage index* digunakan persyaratan pada Tabel 5-6 sesuai peraturan FEMA 356. Tingkat kinerja berdasarkan *damage index* dapat dilihat pada **Tabel 17**.

Tabel 17. Damage Index Bangunan pada Gempa dengan Periode Ulang 500 dan 2500 Tahun

| Periode Ulang Gempa | Model Bangunan | Operational Performance | | Immediate Occupancy | | Life Safety | | Collapse Prevention | | Unacceptable | |
|---------------------|----------------|-------------------------|-------|---------------------|-------|-------------|-------|---------------------|-------|--------------|-------|
| | | TH | | TH | | TH | | TH | | TH | |
| | | Balok | Kolom | Balok | Kolom | Balok | Kolom | Balok | Kolom | Balok | Kolom |
| 500 tahun | 3L06 - X | | √ | √ | | | | | | | |
| | 3L06 - Y | | √ | √ | | | | | | | |
| | 3H06 - X | | √ | | | | | √ | | | |
| | 3H06 - Y | | √ | | | | | √ | | | |
| | 3L12 - X | | √ | | | √ | | | | | |
| | 3L12 - Y | | √ | | | √ | | | | | |
| | 3H12 - X | | √ | | | √ | | | | | |
| | 3H12 - Y | | √ | | | √ | | | | | |
| 2500 tahun | 3L06 - X | | √ | √ | | | | | | | |
| | 3L06 - Y | | √ | √ | | | | | | | |
| | 3H06 - X | | √ | | | | | √ | | | |
| | 3H06 - Y | | √ | | | | | √ | | | |
| | 3L12 - X | | √ | | | √ | | | | | |
| | 3L12 - Y | | √ | | | √ | | | | | |
| | 3H12 - X | | √ | | | | | √ | | | |
| | 3H12 - Y | | √ | | | | | √ | | | |

5. KESIMPULAN

Bangunan dengan struktur komposit menunjukkan kinerja yang baik terhadap gempa besar yaitu gempa dengan periode ulang 2500 tahun sebaliknya pada gempa dengan periode 500 tahun atau gempa sedang memiliki kinerja yang kurang baik.

6. DAFTAR REFERENSI

- SAC Joint Venture (2000). *FEMA-356 Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. Federal Emergency Management Agency, California
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015*.