

PERBANDINGAN PENGARUH METODE PENEMPATAN DAMPER TERHADAP KINERJA SEISMIC STRUKTUR

Kenny Angkasaputra¹, Favian Sebastiano², Pamuda Pudjisuryadi³ and Benjamin Lumantarna⁴

ABSTRAK : Perkuatan bangunan menggunakan damper adalah salah satu cara yang sudah terbukti efektif. Permasalahan muncul pada saat mengaplikasikan damper, karena damper mempunyai tipe yang berbeda-beda dan teori metode perletakan tidak selalu bisa diterapkan. Metode yang paling aplikatif adalah metode SSSA, penelitian ini akan mengkaji metode SSSA dan membandingkan dengan metode uniform dan metode yang diusulkan oleh penulis. Ketiga metode akan diterapkan pada 2 bangunan 10 lantai yang memiliki desain yang berbeda. Performa dari masing-masing metode akan dievaluasi melalui *interstory drift* dan *damage index*. Analisa menggunakan *non-linear direct integration time history* dengan program SAP2000 v.18.2. damper *viscoelastic* menggunakan VSL Gensui Damper. Beban gempa 2500 tahun yang diterapkan diperhitungkan pada kota Kupang dan Bali. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa metode SSSA adalah metode yang lebih efektif dibandingkan metode Uniform dalam mengurangi kerusakan bangunan serta memperbaiki *interstory drift* dari bangunan. Sedangkan untuk Proposed Method dapat terlihat potensinya disaat penerapan pada bangunan kedua. Namun apakah metode usulan lebih unggul dibandingkan metode SSSA masih belum jelas. Walaupun metode yang diusulkan dapat memperbaiki *interstory drift* lebih baik daripada metode SSSA, namun metode usulan tidak selalu dapat memperbaiki sendi plastis dari bangunan. Oleh karena itu perlu penyelidikan lebih lanjut pada kasus – kasus lain.

KATA KUNCI: metode penempatan damper, *simplified sequential search algorithm*, damper *nonlinear*, riwayat waktu nonlinier, VSL gensui damper

1. PENDAHULUAN

Perkuatan bangunan merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindari pada prakteknya. Damper adalah salah satu cara perkuatan bangunan yang sudah terbukti efektifitasnya (Whittle, 2011). Pertanyaan mengenai penempatan damper muncul pada saat mendesain bangunan menggunakan damper. Secara umum damper diletakan diseluruh lantai bangunan, perletakan damper secara merata menimbulkan pertanyaan mengenai efisiensi dari damper tersebut, sehingga metode secara general mengenai strategi perletakan damper dibutuhkan.

Ada berbagai macam metode optimasi meletakkan posisi *damper* yang sudah diusulkan, seperti *Minimal transfer function* (metode Takewaki) yang bertujuan untuk meminimalisirkan amplitudo total bangunan dengan cara distribusi koefisien damper (Takewaki, 1997) dan metode *Simplified Sequential Search Algorithm* (SSSA) yang memiliki tujuan memaksimalkan kinerja dari damper.

Karena metode SSSA lebih aplikatif dibandingkan metode Takewaki, dimana metode Takewaki menghasilkan koefisien damping yang optimal sedangkan metode SSSA menggunakan damper yang

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21414078@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21414069@john.petra.ac.id

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

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, bluman@petra.ac.id

ditentukan oleh pengguna. Akan tetapi, metode SSSA masih dipertanyakan effisiennya terhadap aplikasi *dampers nonlinear* seperti VSL Gensui damper.

Penelitian akan membandingkan tiga metode perletakan damper, meletakkan pada seluruh lantai (Metode Uniform), SSSA dan metode yang diusulkan penulis (Proposed Method). Selain itu akan dibandingkan penempatan damper pada portal luar dan dalam. Metode tersebut akan diaplikasikan kepada 2 bangunan 10 lantai, yang memiliki struktur yang berbeda.

2. METODE SIMPLIFIED SEQUENTIAL SEARCH ALGORITHM

Metode Simplified Sequential Search Algorithm atau SSSA (Garcia, D.L. 2001) adalah suatu metode untuk menentukan letak damper paling optimal pada suatu gedung. Letak paling optimal suatu damper adalah dimana damper tersebut menerima gaya yang paling besar. Gaya yang terbesar dapat ditentukan dengan mencari indeks lokasi optimal (γ_i) yang paling besar pada gedung yang ditinjau, persamaan 1. Indeks lokasi optimal tersebut terdiri dari penjumlahan *interstory drift* (δ_i) dan *interstory velocity* ($\dot{\delta}_i$) yang dikalikan dengan koefisien tertentu, yang tergantung dari jenis damper.

$$\gamma_i = \alpha_1 \delta_i + \alpha_2 \dot{\delta}_i \quad (1)$$

Penelitian menggunakan damper *viscoelastic*, yaitu VSL Gensui Damper, karena material *viscoelastic* memiliki karakteristik *viscous* dan *elastic* pada saat mengalami deformasi, maka perlu diperhitungkan nilai α_1 dan α_2 . Nilai dari α_1 dan α_2 diperhitungkan menggunakan persamaan 2 dan 3. Dimana μ adalah *loss factor* dari *viscoelastic material* dan ω adalah frekuensi struktur sesudah diberikan damper. *Gensui rubber* memiliki *loss factor* yang berkisar dari 0.5 sampai 0.63, tergantung dari kualitas karet yang digunakan.

$$\alpha_1 = \frac{1}{1+\mu} \quad (2)$$

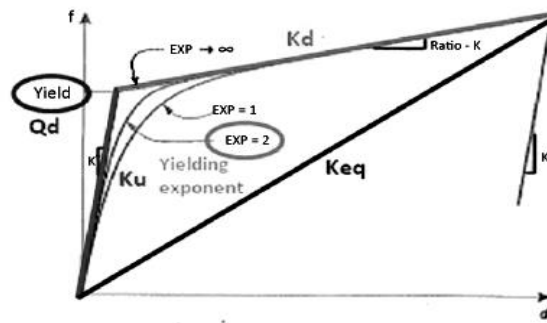
$$\alpha_2 = \frac{\mu}{\omega(1+\mu)} \quad (3)$$

3. METODE USULAN (PROPOSED METHOD)

SNI 1726-2012 (BSN, 2012), mensyaratkan bahwa *interstory drift* maksimal antar lantai adalah 2% dari tinggi lantai untuk SRMPK kategori risiko 1. Metode usulan penulis adalah meletakkan damper pada *interstory drift* tertinggi, mengingat bahwa VSL Gensui Damper adalah *viscoelastic* damper yang bergantung kepada deformasi (Susanto, 2011), maka meletakkan damper pada *interstory drift* tertinggi sangatlah logis.

4. VSL GENSUI DAMPER

VSL Gensui Damper dapat dimodelkan menggunakan program komputer, dalam hal ini digunakan SAP 2000 v18.2. Pemodelan VSL Gensui Damper pada SAP 2000 v18.2 menggunakan *non-linear link* dengan tipe *Plastic (Wen)*. Terdapat beberapa properti *non-linear link* yang harus ditentukan terlebih dahulu. Beberapa properti yang harus ditentukan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan dapat digambarkan menjadi suatu grafik hubungan beban dengan perpindahan yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Adapun penentuan properti-properti tersebut mengikuti petunjuk yang diberikan dalam panduan produk (Susanto, 2011).



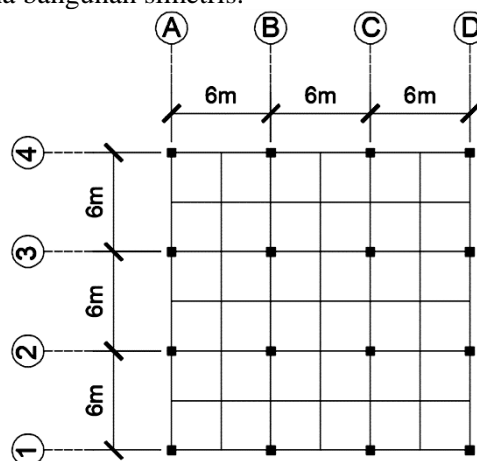
Gambar 1. Hubungan Beban dan Perpindahan VSL Gensui Damper

Tabel 1. Properti *Non-Linear* VSL Gensui Damper

SAP2000	VSL	Satuan	Catatan
<i>Effective Stiffness</i>	K_{eq}	kN/mm	-
<i>Effective Damping</i>	C_{eq}	kN.s/mm	-
<i>Distance from End-J</i>	-	mm	Tinggi antar lantai/2
<i>Stiffness</i>	K_u	kN/mm	-
<i>Yield Strength</i>	Q_d	kN	-
<i>Post Yield Stiffness Ratio</i>	K_d/K_u	-	-
<i>Yielding Exponent</i>	-	-	Bernilai 2 (<i>bilinear damper property</i>)

5. PEMODELAN STRUKTUR

Kedua bangunan struktur 10 lantai dengan sistem rangka pemikul momen. Denah dari kedua bangunan dapat dilihat pada **Gambar 2**. Program yang digunakan untuk menganalisa struktur adalah SAP 2000 v18.2. Analisa yang digunakan adalah *non-linear direct integration time history*, dengan menggunakan gempa *El Centro* 1940 yang telah disesuaikan dengan respon spektrum kota Kupang untuk bangunan 1 dan pulau bali untuk bangunan 2 menurut SNI 1726-2012, gempa 2500 tahun (MCE). Pembebanan dilakukan pada satu arah karena bangunan simetris.



Gambar 2. Denah Struktur Bangunan 1 dan 2

Perbedaan struktur bangunan 1 dan 2 ada pada balok dan kolom. Perbedaan struktur tersebut dikarenakan bangunan 1 memiliki kekurangan sebagai berikut; ekstrimnya perubahan kolom dari lantai 5 ke 6, portal memiliki kapasitas yang berbeda karena beban yang diterima berbeda, bangunan pertama didesain hanya terhadap beban gravitasi, banyaknya penggunaan rasio tulangan minimum pada kolom sehingga *overstrength* pada kolom besar. Perbedaan struktural bangunan 1 dan 2 dapat dilihat pada

Tabel 2. Karena beban tributary yang diterima oleh balok induk interior dan eksterior berbeda, pada bangunan 2, balok induk eksterior diberikan beban gravitasi tambahan agar portal eksterior dan interior menahan beban gravitasi yang relatif sama

Untuk mendapatkan *non-linear behavior* dari struktur, perlu dipasang *non-linear hinge* yang sesuai. Pada elemen balok, digunakan M3 *hinge* serta V2 *hinge*. Sedangkan untuk kolom, digunakan P-M-M *hinge*, V2 serta V3 *hinge*.. Adapun *moment-curvature* serta *force-displacement* geser untuk balok dan kolom didapatkan dengan bantuan program CUMBIA (Montejo, 2007).

Tabel 2. Perbedaan Struktur Kolom pada Bangunan 1 dan 2

Dimensi Kolom	Bangunan 1 (mm)	Bangunan 2 (mm)
Lantai 1	500 x 500	530 x 530
Lantai 2	500 x 500	520 x 520
Lantai 3	500 x 500	490 x 490
Lantai 4	500 x 500	450 x 450
Lantai 5	500 x 500	420 x 420
Lantai 6	350 x 350	400 x 400
Lantai 7	350 x 350	380 x 380
Lantai 8	350 x 350	350 x 350
Lantai 9	350 x 350	340 x 340
Lantai 10	350 x 350	340 x 340

6. ANALISA DAN HASIL

Pengaruh penempatan damper pada portal interior dan eksterior, terbukti berbeda pada bangunan 1. Dapat dilihat pada **Tabel 3** bahwa penempatan damper pada portal dalam memiliki kerusakan yang lebih sedikit pada tahap awal sedangkan penempatan damper pada portal luar memiliki hasil akhir yang lebih bagus. Selain itu dapat dilihat pada **Tabel 5** bahwa perkembangan penempatan damper berbeda di setiap tahap tapi hasil akhir ke 10 sama. Karena hasil *interstory drift* dari penempatan damper di portal luar dan dalam belum memuaskan maka dilanjutkan dengan penempatan pada semua portal.

Pada **Tabel 6** dapat dilihat perbandingan kerusakan metode SSSA, *Uniform* dan metode yang diusulkan dengan penempatan damper pada semua portal. Dapat dilihat bahwa metode SSSA tidak membutuhkan damper sebanyak yang diperlukan metode *uniform* untuk memperbaiki sendi plastis, metode yang diusulkan kurang cocok untuk bangunan 1, melihat bahwa sendi plastis kategori C keatas bertambah. *Interstory drift* yang dihasilkan oleh metode usulan lebih kacau, jika dibandingkan dengan *uniform* dan SSSA.

Dari penemuan ini bangunan 2 portal eksterior dan interior didesain agar memiliki portal yang relatif sama.

Tabel 3. Sendi Plastis Kolom setiap Fase Metode SSSA, Bangunan 1

	KOLOM, SSSA PORTAL EXTERIOR							KOLOM, SSSA PORTAL INTERIOR						
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	104	136	34	24	12	10	320	104	136	34	24	12	10	320
SSSA 1	104	170	30	0	4	12	320	106	174	24	0	6	10	320
SSSA 2	108	164	34	0	6	8	320	98	158	54	10	0	0	320
SSSA 3	98	158	46	6	4	8	320	108	143	57	8	4	0	320
SSSA 4	113	155	36	8	4	4	320	130	124	52	10	0	4	320
SSSA 5	124	132	30	12	0	22	320	144	134	26	12	0	4	320
SSSA 6	140	136	28	10	0	6	320	172	100	22	12	0	14	320
SSSA 7	131	124	19	8	0	38	320	162	90	36	6	0	26	320
SSSA 8	148	120	20	4	0	28	320	152	124	26	6	0	12	320
SSSA 9	132	162	26	0	0	0	320	150	148	12	4	0	6	320
SSSA 10	179	113	28	0	0	0	320	170	130	10	6	0	4	320

Tabel 4. Sendi Plastis Balok setiap Fase Metode SSSA, Bangunan 1

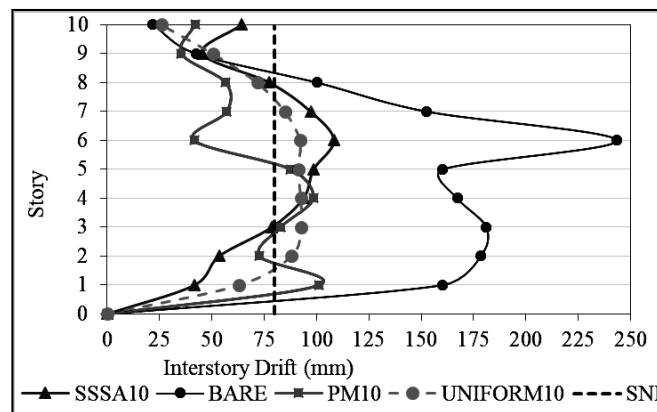
	BALOK, SSSA PORTAL EXTERIOR							BALOK, SSSA PORTAL INTERIOR						
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	204	92	26	26	132	0	480	204	92	26	26	132	0	480
SSSA 1	187	108	40	32	113	0	480	222	72	42	28	116	0	480
SSSA 2	212	84	52	18	114	0	480	220	74	32	36	116	2	480
SSSA 3	208	88	52	14	116	2	480	222	76	30	60	88	4	480
SSSA 4	214	82	56	34	92	2	480	216	80	30	76	72	6	480
SSSA 5	218	80	56	42	84	0	480	216	80	60	48	68	8	480
SSSA 6	217	75	66	46	74	2	480	216	78	56	54	64	12	480
SSSA 7	212	78	62	56	68	4	480	222	78	60	66	44	10	480
SSSA 8	206	86	68	52	64	4	480	212	84	64	62	48	10	480
SSSA 9	252	44	62	62	54	6	480	204	94	64	54	54	10	480
SSSA 10	208	86	62	74	44	6	480	208	88	66	72	32	14	480

Tabel 5. Langkah Penempatan Damper Metode SSSA, Bangunan 1

Perkembangan Fase											
Portal Interior	6	1	5	4	7	3	6	8	9	2	
Portal Eksterior	6	7	1	5	4	6	3	8	9	2	

Tabel 6. Sendi Plastis setiap Fase Metode, Bangunan 1, Semua Portal

STEP	KOLOM							STEP	BALOK						
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total		A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	104	136	34	24	12	10	320	Bare	204	92	26	26	132	0	480
SSSA 1	108	186	10	0	6	10	320	SSSA 1	226	72	48	26	108	0	480
SSSA 2	114	156	46	4	0	0	320	SSSA 2	222	73	55	36	94	0	480
SSSA 3	124	120	68	0	0	8	320	SSSA 3	230	68	60	70	52	0	480
SSSA 4	136	70	84	8	0	22	320	SSSA 4	227	66	61	78	44	4	480
SSSA 5	156	68	52	4	0	40	320	SSSA 5	230	62	70	84	30	4	480
SSSA 6	170	78	50	6	0	16	320	SSSA 6	215	83	74	68	32	8	480
SSSA 7	170	94	54	2	0	0	320	SSSA 7	212	84	84	64	32	4	480
SSSA 8	144	136	40	0	0	0	320	SSSA 8	214	76	64	84	24	18	480
SSSA 9	164	116	40	0	0	0	320	SSSA 9	230	62	54	96	8	30	480
SSSA 10	136	136	36	0	0	12	320	SSSA 10	232	52	72	86	14	24	480
PM 1	108	186	10	0	6	10	10	PM 1	226	72	48	26	108	0	480
PM 2	114	120	42	10	16	18	18	PM 2	211	85	52	26	106	0	480
PM 3	132	106	54	2	4	22	22	PM 3	207	89	60	32	92	0	480
PM 4	150	84	42	0	4	40	40	PM 4	218	74	78	52	54	4	480
PM 5	166	88	8	0	8	50	50	PM 5	222	68	64	84	32	10	480
PM 6	172	100	22	12	0	14	14	PM 6	218	68	78	84	24	8	480
PM 7	190	76	6	4	0	44	44	PM 7	214	72	70	100	6	18	480
PM 8	178	118	8	0	4	12	12	PM 8	214	86	54	96	12	18	480
PM 9	138	144	10	4	4	20	20	PM 9	218	74	58	106	4	20	480
PM 10	134	158	8	0	4	16	16	PM 10	218	86	58	98	8	12	480
Unif. 10	166	134	20	0	0	0	320	Unif. 10	228	72	46	100	8	26	480



Gambar 3. Interstory Drift Masing-Masing Metode, Bangunan 1

Dapat dilihat di **Tabel 7&8** bahwa kerusakan kolom dari penempatan damper di portal exterior pada bangunan 2 memiliki hasil akhir yang lebih bagus daripada penempatan pada portal interior. Langkah dari penempatan damper pada portal luar dan dalam sama seperti di **Tabel 9**.

Untuk memenuhi syarat *interstory drift* SNI pada bangunan 2 metode SSSA memerlukan 20 langkah dan metode usulan hanya memerlukan 19 langkah, sedangkan *Uniform* dengan 20 damper tetap tidak dapat memenuhi syarat tersebut seperti di **Gambar 4**. Dapat dilihat pada **Tabel 10** kerusakan kolom dan balok dari ketiga metode tersebut tidak memiliki perbedaan yang jauh. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penerapan metode usulan pada bangunan 2 memiliki hasil yang paling bagus, sedangkan hasil dari metode *Uniform* adalah yang paling jelek.

Tabel 7. Sendi Plastis Kolom setiap Fase Metode SSSA, Bangunan 2

STEP	KOLOM, SSSA PORTAL EXTERIOR							KOLOM, SSSA PORTAL INTERIOR						
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	214	82	12	12	0	0	320	214	82	12	12	0	0	320
SSSA 1	236	68	0	12	4	0	320	236	68	0	12	4	0	320
SSSA 2	242	62	0	14	2	0	320	242	62	0	12	4	0	320
SSSA 3	248	56	0	16	0	0	320	240	64	0	10	6	0	320
SSSA 4	244	60	4	12	0	0	320	240	64	2	14	0	0	320
SSSA 5	270	26	10	14	0	0	320	262	34	8	16	0	0	320
SSSA 6	262	34	8	0	12	4	320	260	36	8	2	10	4	320
SSSA 7	248	46	13	13	0	0	320	240	50	18	12	0	0	320
SSSA 8	252	52	0	16	0	0	320	252	52	0	12	4	0	320
SSSA 9	268	36	0	10	4	2	320	268	36	0	10	4	4	320
SSSA 10	272	32	0	16	0	0	320	276	28	0	0	12	4	320

Tabel 8. Sendi Plastis Balok setiap Fase Metode SSSA, Bangunan 2

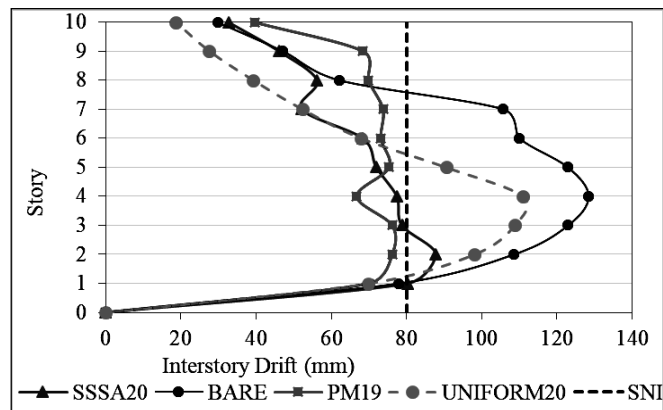
STEP	BALOK, SSSA PORTAL EXTERIOR							BALOK, SSSA PORTAL INTERIOR						
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	241	53	42	74	70	0	480	241	53	42	74	70	0	480
SSSA 1	242	48	64	48	78	0	480	242	48	64	48	78	0	480
SSSA 2	240	59	73	58	46	4	480	242	54	82	48	50	4	480
SSSA 3	246	44	90	76	20	4	480	242	44	94	70	22	8	480
SSSA 4	241	45	90	90	2	12	480	244	42	86	94	6	8	480
SSSA 5	234	68	70	92	4	12	480	256	64	64	80	6	10	480
SSSA 6	236	72	86	72	10	4	480	234	78	82	60	24	2	480
SSSA 7	240	66	34	114	16	10	480	238	68	30	114	24	6	480
SSSA 8	240	68	56	80	26	10	480	234	70	54	78	38	6	480
SSSA 9	230	76	74	62	24	14	480	230	76	74	62	24	14	480
SSSA 10	234	72	68	76	8	22	480	221	87	62	62	32	16	480

Tabel 9. Langkah Penempatan Damper Metode SSSA, Bangunan 2

Perkembangan Fase										
Portal Interior	6	5	4	3	8	4	1	7	5	3
Portal Eksterior	6	5	4	3	8	4	1	7	5	3

Tabel 10. Sendi Plastis Setiap Fase Metode, Bangunan2, Portal Luar

STEP	KOLOM						STEP	BALOK							
	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C		Total	A-B	B-IO (pink)	IO-LS (blue)	LS-CP (tosca)	CP-C (green)	>C	Total
Bare	214	82	12	12	0	0	320	Bare	241	53	42	74	70	0	480
SSSA 1	236	68	0	12	4	0	320	SSSA 1	242	48	64	48	78	0	480
SSSA 2	242	62	0	14	2	0	320	SSSA 2	240	59	73	58	46	4	480
SSSA 3	248	56	0	16	0	0	320	SSSA 3	246	44	90	76	20	4	480
SSSA 4	244	60	4	12	0	0	320	SSSA 4	241	45	90	90	2	12	480
SSSA 5	270	26	10	14	0	0	320	SSSA 5	234	68	70	92	4	12	480
SSSA 6	262	34	8	0	12	4	320	SSSA 6	236	72	86	72	10	4	480
SSSA 7	248	46	13	13	0	0	320	SSSA 7	240	66	34	114	16	10	480
SSSA 8	252	52	0	16	0	0	320	SSSA 8	240	68	56	80	26	10	480
SSSA 9	268	36	0	10	4	2	320	SSSA 9	230	76	74	62	24	14	480
SSSA 10	272	32	0	16	0	0	320	SSSA 10	234	72	68	76	8	22	480
SSSA 20	276	28	0	16	0	0	320	SSSA 20	238	54	110	42	0	36	480
PM 1	236	64	8	12	0	0	320	PM 1	246	40	46	144	2	2	480
PM 2	240	64	0	10	6	0	320	PM 2	241	53	58	96	26	6	480
PM 3	254	50	6	10	0	0	320	PM 3	236	50	64	126	0	4	480
PM 4	244	60	0	16	0	0	320	PM 4	246	40	60	134	0	0	480
PM 5	266	38	0	14	0	2	320	PM 5	246	42	78	106	2	6	480
PM 6	258	46	4	12	0	0	320	PM 6	236	48	80	108	0	8	480
PM 7	246	58	4	12	0	0	320	PM 7	234	52	70	112	0	12	480
PM 8	252	52	0	16	0	0	320	PM 8	230	56	90	88	0	16	480
PM 9	250	54	4	12	0	0	320	PM 9	228	56	90	82	0	24	480
PM 10	242	62	2	14	0	0	320	PM 10	234	50	82	90	0	24	480
PM 19	236	68	4	12	0	0	320	PM 19	240	36	128	34	0	42	480
Unif. 10	268	36	16	0	0	0	320	Unif. 10	258	62	48	100	0	12	480
Unif. 20	298	6	6	10	0	0	320	Unif. 20	243	75	58	56	8	40	480



Gambar 4. Interstory Drift Masing-Masing Metode, Bangunan 2

Sendi plastis pada balok (Tabel 4 dan 8), juga terlihat bertambah. Hal tersebut diakibatkan karena damper menambahkan gaya pada balok yang ditumpu. Sehingga pada aplikasi VSL Gensui damper, diperlukan retrofitting pada tumpuan balok dan pada sambungan kolom ke gensui damper.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada bangunan 1 dan 2, didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Metode SSSA adalah efektif untuk memperbaiki *interstory drift* dan kerusakan sendi plastis yang terjadi pada bangunan.
2. *Proposed method* dapat menghasilkan *interstory drift* yang lebih kecil dibandingkan metode SSSA dan *Uniform*, bahkan pada bangunan 2 dapat memenuhi syarat *interstory drift* SNI. Akan tetapi performa terhadap sendi plastis perlu diinvestigasi lebih lanjut.
3. Aplikasi damper dilakukan kepada portal yang memiliki kekuatan aksial lentur rendah, karena damper menyerap gaya pada portal yang diaplikasikan.

7.2. Saran

Perbandingan antara ketiga metode tersebut perlu di investigasi lebih lanjut untuk mendapatkan konklusi yang pasti. Penerapan ketiga metode terhadap bangunan asli juga perlu diinvestigasi.

8. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Non Gedung*, SNI 1726-2012. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- FEMA356. (2000). *NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Garcia, D.L. "A Simple Method for the Design of Optimal Damper Configuration in MDOF Structures." *Winning Paper EERI Student paper award 2001*.
- Montejo, L.A. (2007). *CUMBIA*. North California: Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering, North California State University.
- Susanto, A. (2011). *Non Linear Time History Seismic Analysis with Gensui Dampers in ETABS*. Chai Wan, Hongkong: VSL Hongkong Limited.
- Takewaki, I. (1997). "Optimal Damper Placement for Minimum transfer function." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 26, 1113-1124 (1997).
- Whittle, J.K. (2011). *Strategic Placement of Viscous Dampers For Seismic Structural Design*. University of Oxford, Oxford, United Kingdom.