

# Performa Struktur Kolom Pasca Perkuatan Dengan Metode Concrete Jacketing Bertulangan Bambu

Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi

Program Studi Teknik Sipil S1; Institut Teknologi Nasional Malang; Jalan Bendungan Sigura – gura,  
Kota Malang, Indonesia

Korespondensi: e-mail: [hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id](mailto:hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id)

## ABSTRAK

Kolom adalah elemen terpenting dalam sebuah struktur. Berdasarkan peraturan beton Indonesia SNI 2847-2013 disebutkan bahwa kolom merupakan elemen yang menerima beban aksial minimal 0,1 Pu serta beban lentur. Kerusakan pada kolom dapat terjadi akibat adanya beban berlebih yang diterima, desain pendetailan yang buruk, pelaksanaan konstruksi yang buruk, dan lainnya. Namun, yang paling sering terjadi adalah kerusakan pasca gempa. Perkuatan yang paling mudah dilakukan adalah metode pelapisan beton. Tulangan pada perkuatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu. Metode pengujian dilakukan dengan metode *Quasi Static Loading Test* dengan beban lateral sesuai dengan kontrol perpindahan dan juga beban aksial konstan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkuatan pelapisan beton dari dimensi awal 15x15x90 cm menjadi 21x21x90 cm menunjukkan peningkatan kapasitas lateral, keuletan, kekakuan, dan disipasi energi. Selain itu terlihat bahwa perkuatan pada kolom rusak dan kolom tidak rusak kurang signifikan, yang berarti perkuatan dapat mengembalikan kapasitas awal benda uji eksisting hingga melebihi 100%.

**Kata kunci:** Concrete Jacketing, Kerusakan Kolom, Performa Struktur, Perkuatan.

## ABSTRACT

*Columns are the most important element in a structure. Indonesian concrete regulations SNI 2847-2013 states that columns are elements that receive a minimum axial and bending loads of 0.1 Pu. Column damage can occur due to overloading damage, poor detailing in design, poor construction, etc. However, the most frequent damage is post-earthquake damage. The easiest reinforcement is the concrete jacketing method. The reinforcement material used in this research is bamboo. The test was done using the Quasi Static Loading Test method with lateral loads according to the displacement control and constant axial load. The results showed that the reinforcement by concrete jacketing from the initial dimensions of 15x15x90 cm to 21x21x90 cm showed the increase of lateral capacity, ductility, stiffness, and energy dissipation. In addition, it can be seen that the effect of reinforcement on both damaged and undamaged columns is less significant, which means that reinforcement can restore the initial capacity of existing test specimens to exceed 100%.*

**Keywords:** Concrete Jacketing, Damaged Column, Structure Performance, Strengthening.

## 1. PENDAHULUAN

Semua struktur khususnya beton akan mengalami beberapa kegagalan/kehancuran dalam menerima beban ketika melebihi dari kapasitas yang direncanakan diawal. Penyebab ini bisa disebabkan oleh 2 faktor utama. Faktor pertama yaitu adanya degradasi akibat umur beton. Sedangkan faktor yang kedua adalah adanya pembebanan secara bersamaan (*envelope*) pada struktur yang melebihi dari kapasitas rencana (*overloading*). Adapun perubahan beban diluar dari yang direncanakan biasanya disebabkan oleh beban besar tak terduga seperti gempa maupun perubahan perubahan beban alih fungsi dari suatu bangunan.

Tidak semua bangunan yang telah mengalami kerusakan adalah tidak dapat digunakan lagi (*demolished*). Tetapi masih dapat digunakan lagi setelah dilakukan dengan penilaian forensik bangunan (*assessment*). Setelah didapatkan hasilnya, kemudian hanya ada 2 kemungkinan yang dapat dilakukan, yaitu penggantian elemen struktur (*replacement*) dan perkuatan struktur (*retrofitting*). Tujuan dari upaya dilakukannya *retrofitting* yaitu untuk meningkatkan kekakuan/kekuatan, meningkatkan daktilitas, memperbaiki energi disipasi struktur, serta meningkatkan fungsi layan bangunan (Boen & al., 2010).

Kolom merupakan suatu elemen struktur beton bertulang yang paling penting peranannya dalam suatu rangka portal struktur. Fungsi dari elemen ini adalah menopang seluruh beban di atasnya yang tersalurkan melalui elemen – elemen pelat dan balok yang kemudian bertumpu pada pondasi di dalam tanah. Sehingga untuk mengatasi kegagalan pada kolom maka perlu perhatian khusus pada setiap kerusakan kolom dan juga pendetailan kolom dimasa konstruksi yang buruk.

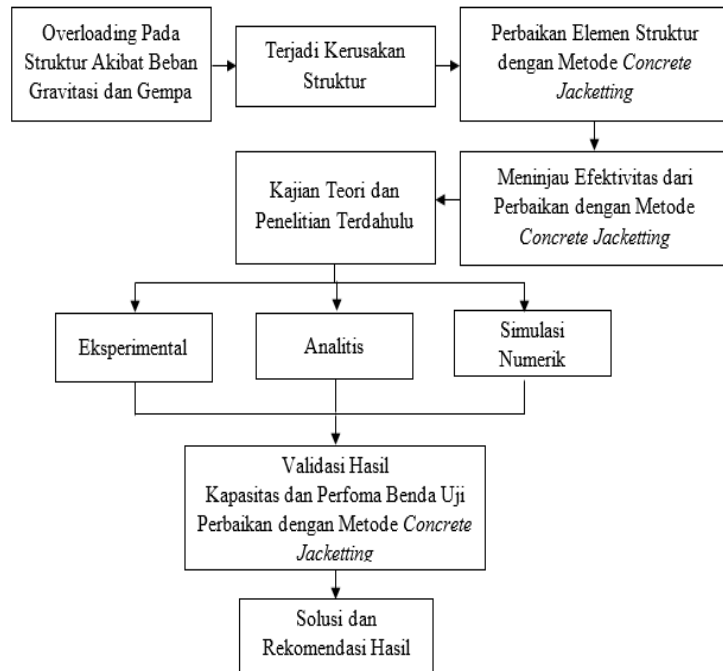
Salah satu metode yang sering digunakan oleh pelaku konstruksi untuk rehabilitasi beton adalah metode jaket beton (*concrete jacketing construction method*). Hal ini dikarenakan metode tersebut lebih mudah dikerjakan (konvensional) dan lebih murah jika ditinjau dari segi biaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kapasitas ultimate lateral yang dapat dikembalikan dengan perkuatan *retrofitting concrete jacketing* pada kondisi kolom dengan kerusakan (*damaged column*) dan kolom dengan tanpa kerusakan (*undamaged column*) dengan pembebanan aksial tekan dan siklik lateral, untuk mengetahui performa daktilitas, kekakuan dan disipasi energy dengan perkuatan *retrofitting concrete jacketing* pada kondisi kolom dengan kerusakan (*damaged column*) dan kolom dengan tanpa kerusakan (*undamaged column*) dengan pembebanan aksial tekan dan siklik lateral, untuk mengetahui model keruntuhan dari benda uji *retrofitting concrete jacketing* pada kondisi kolom dengan kerusakan (*damaged column*) dan kolom dengan tanpa kerusakan (*undamaged column*).

Metode perbaikan dan perkuatan dengan metode *concrete jacketing* pernah dilakukan pada tahun 1985 pasca gempa Mexico. Jika ditinjau dari segi ekonomi maka penerapan metode ini pada bangunan yang telah rusak tersebut lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *demolition* (penghancuran bangunan eksisting) yang kemudian dibangun ulang dari awal. Walaupun memang kondisi ini sangat bervariasi, yaitu tergantung dengan tingkatan kerusakan struktur Rodriguez, M., & Park, R. (1991). Beberapa penelitian sebelumnya mengenai kolom retrofit menggunakan tulangan bambu maupun tulangan konvensional dengan metode jaket beton telah dilakukan. Nabil Akmal, dkk (2018) meneliti mengenai pengaruh variasi rasio tulangan bambu pada kolom retrofit yang menyimpulkan bahwa kolom retrofit C1 dengan rasio tulangan 2,47 memiliki nilai kuat tekan 3,05% lebih besar dibandingkan dengan kolom retrofit A1 dengan rasio tulangan 1,23. Pasila, R., dkk (2016) menganalisis kapasitas perkuatan kolom beton bertulang yang ditambahkan fly ash terhadap variasi beban runtuh dengan metode *concrete jacketing*. Hasil pengujiannya menyatakan bahwa yang paling efektif dilakukan perbaikan dengan menggunakan *Concrete Jacketing* adalah kolom dengan batas keruntuhan 70%, karena masih memberikan kenaikan kapasitas yang besar. Begitupula dengan penelitian yang dilakukan oleh Wibawanto, H. S., dkk (2017), dan penelitian Sunarwadi, H. S. W., dkk (2019) yang melaporkan terjadinya pengaruh yang baik pada hasil penelitian.

## 2. METODE PENELITIAN

### a. Konsep Penelitian

Konsep penelitian disajikan pada Gambar 1


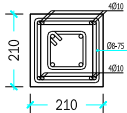
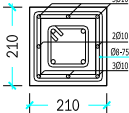


Gambar 1. Algoritma konsep pola pikir dalam penelitian

**b. Perancangan Benda Uji**

Detail Spesimen yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Detail Spesimen

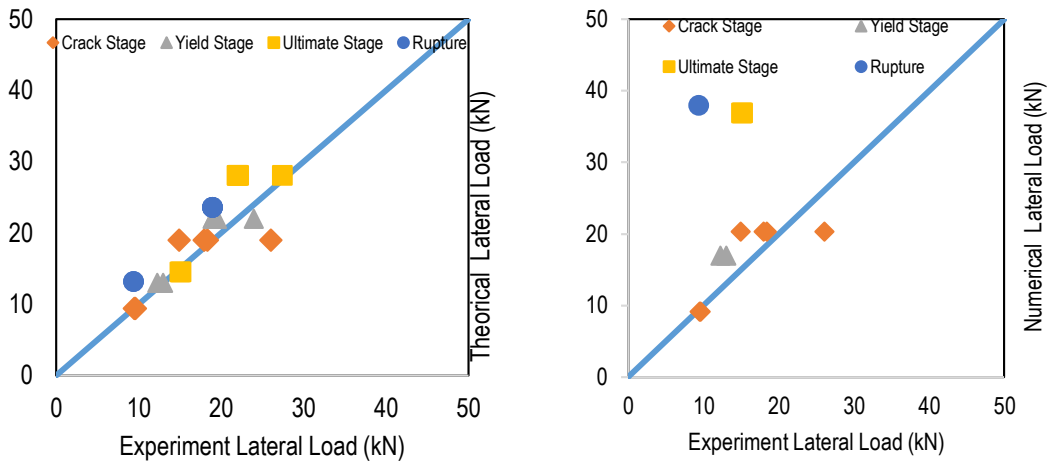
Keterangan	<b>Eksisting</b>	<b>A-Retrofitting</b>	<b>B-Retrofitting</b>
	Kolom Asli	Retrofitting Kolom Rusak	Retrofitting Kolom Tanpa Rusak
Dimensi Benda Uji Kolom (mm)	150 x 150	210 x 210	210 x 210
Gambar Penampang			
Tulangan Longitudinal	4D12 Tulangan baja ulir	8x10 Tulangan bambu	8x10 Tulangan bambu
Tulangan Transversal	8-75 mm Tulangan baja polos	6-75 mm Tulangan bambu	6-75 mm Tulangan bambu

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Kapasitas Lateral**

Dalam penelitian ini, hasil uji eksperimental kemudian divalidasi dengan hasil analisis berdasarkan simulasi teoritis (Gambar 2.a) dan numerik (Gambar 2.b). Analisis teoritis

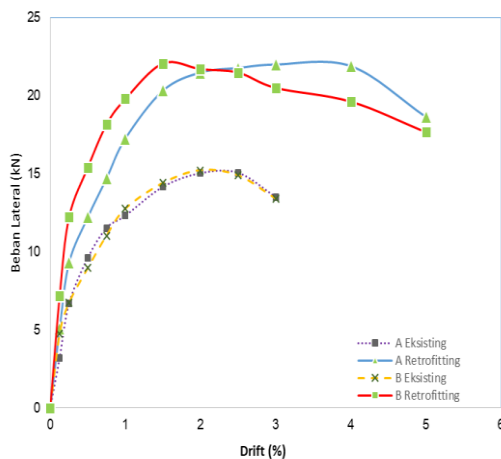
menggunakan analisis momen *curvature* dan menunjukkan hasil yang cukup dekat dengan hasil eksperimen.



a) Validasi Hasil Eksperimen dengan Analisa Teoritis      b) Validasi Hasil Eksperimen dengan Simulasi Numerik

Gambar 2. Validasi Hasil Kapasitas Lateral

Tetapi dalam analisis simulasi numerik, hasilnya menunjukkan bahwa ada perbedaan yang cukup besar setelah fase *inelastic* atau difase *ultimate* dan runtuh. Hal ini karena dalam simulasi numerik dengan *Ansys 14.5 workbench* belum dapat menunjukkan efek material inelastis pada beton dan tulangan.



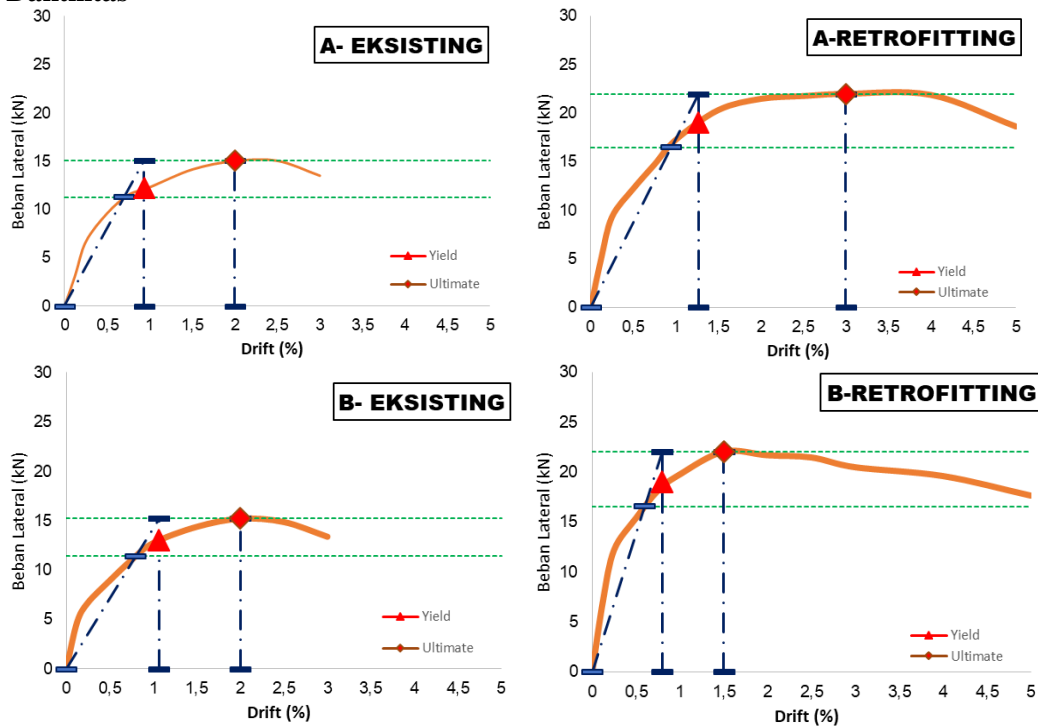
Gambar 3. Kurva Envelop Kapasitas Lateral

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen pada Gambar 3, terlihat bahwa *retrofitting* dengan *concrete jacketing* ini dapat menaikkan kapasitas lateral pada benda uji kolom baik pada kolom yang telah terjadi kerusakan diawal maupun tanpa kerusakan.

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa pada benda uji kolom yang telah *diretrofitting* setelah mengalami kerusakan dan benda uji kolom yang *diretrofitting* tanpa mengalami kerusakan mengalami perbedaan yang sangat sedikit dari keduanya. Kerusakan dari sebelumnya tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap performa dari *retrofitting*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Rodriguez, M., & Park, R. (1991), sehingga dapat

dipastikan dengan penambahan luasan retrofitting *concrete jacketing* sekitar 80% hingga 90% dari luasan eksisting, mampu menaikkan kapasitas lateral kolom.

**b. Daktilitas**



Gambar 4. Penentuan Titik Leleh

Tabel 2. Daktilitas *Displacement (Yield – Ultimate)*

Spesimen	$\delta_y$ (%)	$\delta_y$ (%)	Daktilitas $\mu$	Peningkatan Daktilitas
S1 A- Eksisting	0,93	2	2,14	(Kontrol)
S2 B- Eksisting	1,07	2	1,88	(Kontrol)
S1 A- Retrofitting	1,27	3	2,37	26%
S2 B- Retrofitting	0,8	1,5	2,5	17%

Tabel 2 menunjukkan peningkatan daktilitas pada benda uji *retrofitting* dalam keadaan kolom rusak dan tanpa rusak, terlihat bahwa terjadi peningkatan daktilitas pada semua benda uji. Namun jika ditinjau berdasarkan *drift fase ultimate* terhadap *fase leleh*, maka kolom yang mengalami kerusakan mempunyai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kolom yang tanpa kerusakan. Hal ini dikarenakan kapasitas *ultimate* dari kedua benda uji berada pada tingkatan *drift* yang berbeda.

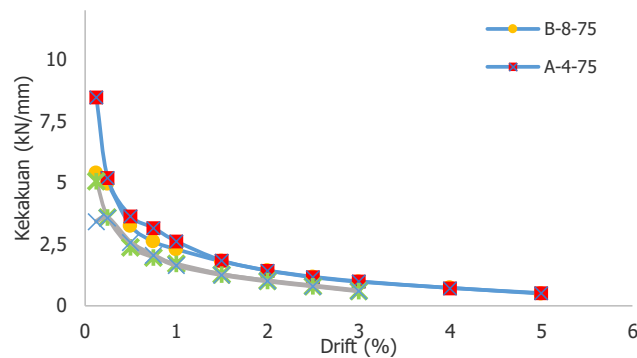
Tabel 3. Daktilitas *Displacement (Yield – Rupture)*

Spesimen	$\delta_y$ (%)	$\delta_r$ (%)	Daktilitas $\mu$	Peningkatan Daktilitas
S1 A- Eksisting	0,93	3	3,23	(Kontrol)
S2 B- Eksisting	1,07	3	2,8	(Kontrol)
S1 A- Retrofitting	1,27	5	3,94	40%
S2 B- Retrofitting	0,6	5	8,33	80%

Namun jika dilihat pada peninjauan daktilitas (Tabel 3) berdasarkan pada masa leleh (*yield stage*) ke masa ruptur (*rupture stage*) maka didapatkan hasil bahwa kolom yang *diretrofitting* dalam keadaan rusak hanya dapat menaikkan kapasitas daktilitas sebesar 40% namun jika *diretrofitting* dalam keadaan utuh maka peningkatan daktilitas yang dapat dicapai adalah sebesar 80%. Sehingga dapat terlihat bahwa terjadi degradasi kapasitas daktilitas sekitar 40% pada kolom yang telah rusak.

### c. Kekakuan

Secara prinsip teori dari hubungan beban-perpindahan elemen beton bertulang (Park R. & T. Paulay, 1974) menyebutkan bahwa kekakuan ( $k$ ) material, elemen maupun struktur berbanding lurus dengan beban maks ( $P$ ) yang ditahan dan berbanding terbalik dengan deformasi yang terjadi ( $\Delta$ ).



Gambar 5. Degradasi kekakuan

Dari pengamatan yang ada pada Gambar 5 bahwa Seiring dengan naiknya beban lateral dengan siklus *drift* yang besar, maka material beton bertulang kemudian akan berperilaku non-linear dimasa *inelastic* atau kehilangan kekakuan awalnya. Gambar 5 menunjukkan bahwa degradasi dari kolom yang *diretrofit* dari keadaan rusak lebih besar jika dibandingkan dengan *retrofitting* dari kolom tanpa rusak.

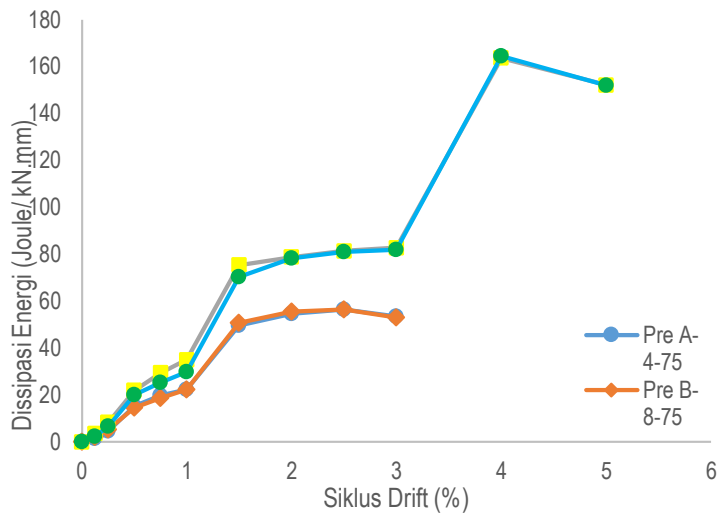
Tabel 4. Kekakuan Spesimen

Spesimen		Pu (kN)	$\delta$ (mm)	Kekakuan (kN/mm)	Peningkatan Kekakuan
A-	Eksisting	14,08	16,88	0,83	(Kontrol)
B-	Eksisting	15,18	16,88	0,9	(Kontrol)
A-	<i>Retrofitting</i>	20,89	22,5	0,93	83%
B-	<i>Retrofitting</i>	16,26	11,25	1,45	161%

Berdasarkan Tabel 5 maka terlihat hasil dari adanya peningkatan kekakuan kolom yang telah *diretrofitting* dengan *concrete jacketing*. Dalam kasus ini menunjukkan perilaku kekakuan pada *retrofitting* kolom rusak terjadi perbedaan dengan *retrofitting* kolom utuh. Terlihat bahwa peningkatan kekakuan yang dapat dicapai terjadi perbedaan sekitar 78%.

### d. Dissipasi Energi

Gambar 6 menunjukkan disipasi energi pada kolom yang *diretrofit* dalam keadaan telah rusak maupun tanpa rusak dibandingkan dengan kolom eksisting untuk setiap siklus pembebanan yang sama.

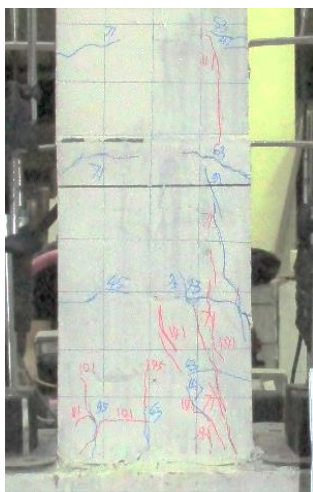


Gambar 6. Dissipasi energy benda uji

Hasil ini memperlihatkan kolom yang sudah rusak kemudian diperbaiki dengan *concrete jacketing* memiliki kemampuan memencarkan energi yang lebih besar dibanding kolom asli. Gambar 6 menunjukkan bahwa benda uji yang diretrofit memiliki kemampuan dissipasi *energy* diatas 250%.

**e. Mekanisme Keruntuhan**

Mekanisme keruntuhan untuk semua kolom *existing* adalah lentur, sedangkan keruntuhan pada kolom retrofit adalah rata-rata runtuh lentur di *fase awal* (Gambar 7) dan di akhiri dengan *bond splitting* akibat pengaruh kontak beton beton lama dan beton baru.



A-Retrofitting



B-Retrofitting

Gambar 7. Pola retak benda uji

#### 4. KESIMPULAN

Perkuatan pelapisan beton dari dimensi awal 15x15x90 cm menjadi 21x21x90 cm menunjukkan peningkatan kapasitas lateral, keuletan, kekakuan, dan disipasi energi. Selain itu terlihat bahwa perkuatan pada kolom rusak dan kolom tidak rusak kurang signifikan, yang berarti perkuatan dapat mengembalikan kapasitas awal benda uji eksisting hingga melebihi 100%.

Kapasitas *ultimate* lateral yang dapat dikembalikan dengan perkuatan *retrofitting concrete jacketing* pada benda uji kolom rusak dan tanpa rusak. Daktilitas kolom yang dapat ditingkatkan pada *retrofitting* kolom rusak adalah 40% dan pada kolom tanpa rusak adalah 80%. Kekakuan dari kolom yang dapat ditingkatkan pada *retrofitting* kolom rusak adalah 83% dan pada kolom tanpa rusak adalah 161%. Perlu dilakukan peninjauan terkait pengaruh *rasio* beban *axial* yang lebih bervariasi terhadap kapasitas lateral kolom, peninjauan *surface treatment* antara beton lama dan beton baru, juga penambahan parameter – parameter nonlinear dalam analisa simulasi numerik dengan metode *Finite Element* pada perangkat lunak.

#### REFERENSI

- Boen, T., & al., e. (2010). Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa Bumi (Vol. Cetakan Pertama). Jakarta: World Seismic Safety Initiative.
- Nabil Akmal, N. M., Wibowo, A., & Remayanti, C. (2018). Pengaruh Variasi Rasio Tulangan Longitudinal Bambu Pada Kolom Retrofit Dengan Metode Jacket Beton. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1*(2), pp-797.
- Pasila, R., Sumajouw, M. D., & Pandaleke, R. E. (2016). Kajian Kapasitas Perkuatan Kolom Beton Bertulang dengan Tambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Variasi Beban Runtuh Dengan Metode Concrete Jacketing. *TEKNO, 14*(65).
- Paulay, T., Park, R., & Phillips, M. H. (1974). Horizontal construction joints in cast-in-place reinforced concrete. *Special Publication, 42*, 599-616.
- Rodriguez, M., & Park, R. (1991). Repair and strengthening of reinforced concrete buildings for seismic resistance. *Earthquake Spectra, 7*(3), 439-459.
- Saputra, R. A. P., Remayanti, N. C., & Wibowo, A. (2018). Pengaruh Jarak Senggang dari Metode Jacket Beton Bertulang Bambu pada Kolom Beton Bertulang Ringan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1*(1), pp-134.
- Sunarwadi, H. S. W., & Wibowo, A. (2019). Pengaruh Penggunaan Tulangan Bambu Sebagai Material Perkuatan Concrete Jacketing pada Elemen Kolom. *Jurnal Teknik Sipil INFO MANPRO, 10*(1).
- Wibawanto, H. S., Ester Priskasari, & Bambang Wedyantaji. (2017). Pengaruh Letak Pengasaran Permukaan dan Sambungan Lewatan Tulangan Bambu Pada Konstruksi Balok Lentur. Malang: SKRIPSI : Tidak Dipublish.