

PERBAIKAN KOLOM BETON BERTULANG MENGGUNAKAN *CONCRETE JACKETING* DENGAN PROSENTASE BEBAN RUNTUH YANG BERVARIASI

Arifi Soenaryo, M. Taufik H dan Hendra Siswanto
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Teknik perbaikan beton bertulang semakin berkembang pesat seiring dengan kemajuan jaman, tidak hanya material yang digunakan namun kekuatan strukturpun mengalami berbagai macam perkembangan yang luar biasa terutama dalam hal inovasi baru, yang sebelumnya tidak pernah terpikirkan oleh kita. Salah satu dari sekian banyak metode kekuatan struktur adalah kekuatan dengan *Concrete Jacketing*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kapasitas maksimum kolom beton bertulang setelah diadakan perbaikan dengan *Concrete Jacketing* sebagai salah satu metode kekuatan struktur yang ada.

Persentase pembebanan yang diberikan sebelum diperbaiki dengan *Concrete Jacketing* adalah 65%, 75% dan 85% dari beban runtuh dan pengujian dilakukan pada saat kolom beton bertulang berumur 28 hari. Mutu beton yang digunakan pada kolom eksisting $265,589 \text{ kg/cm}^2$ dengan rasio penulangan 2,1904%, sedangkan pada *jacket* $267,804 \text{ kg/cm}^2$ dengan rasio penulangan 1,71% . Dalam analisa mencari kapasitas kolom setelah *Jacketing*, mutu beton dianggap sama $267,804 \text{ kg/cm}^2$ sesuai dengan batasan masalah yang kita buat, campuran beton yang digunakan 1 : 2.07 : 1.53 dengan faktor air semen 0,48. Benda uji berjumlah 12 buah dengan dimensi eksisting 10x10x60, pada saat *Jacketing* 16x16x60 dengan 4 perlakuan berdasar variasi pembebanan.

Hasil uji hipotesis menyatakan bahwa variasi persentase pembebanan berpengaruh terhadap kapasitas kolom beton bertulang dalam menerima beban. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa yang paling efektif dilakukan perbaikan dengan menggunakan *Concrete Jacketing* adalah pada pembebanan 75% dari beban runtuh, karena menunjukkan peningkatan yang paling besar.

Kata Kunci : perbaikan beton bertulang, *Concrete Jacketing*, beban runtuh

PENDAHULUAN

Perkuatan struktur beton bertulang kini juga mengalami kemajuan. Hal ini terbukti dari penemuan-penemuan seperti *chemical construction* yaitu ilmu kimia yang menunjang disiplin ilmu sipil. Ada bermacam inovasi perkuatan struktur yang saat ini telah dan sedang diteliti diantara metode yang umum dilakukan adalah memperpendek bentang dari struktur dengan beton maupun baja, memperbesar dimensi daripada beton (*Concrete Jacketing*), menambah plat baja, melakukan eksternal prestressing, dll.

Suatu konstruksi, misalnya sebuah gedung berfungsi antara lain sebagai tempat yang aman bagi setiap kegiatan yang dilakukan di dalamnya. Ketika fungsi itu tidak lagi dapat dipenuhi oleh gedung tersebut, maka dikatakan bahwa gedung tersebut telah mengalami kegagalan. Artinya gedung tersebut sudah tidak lagi mempunyai karakteristik dan kinerja seperti yang dirancang sebelumnya. Misalnya juga suatu gedung yang telah sekian tahun beroperasi. Karena kegiatan yang semakin intensif dalam gedung ini maka kemudian gedung tersebut perlu ditingkat lebih tinggi lagi.

Sehingga yang akan terjadi adalah kegagalan konstruksi.

Kegagalan struktur beton bertulang pada gedung dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain: kesalahan konsep/desain, kesalahan pelaksanaan atau dapat pula terjadi karena perubahan pemanfaatan gedung.

Masalah-masalah tersebut dapat diatasi dengan suatu perkuatan struktur beton dengan bahan tertentu yang dilakukan berdasarkan jenis kerusakan

yang terjadi. Cara ini dilakukan karena lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya daripada harus membangun kembali gedung tersebut.

Sebagai penelitian akan diambil *Sistem Concrete Jacketing* sebagai salah satu alternatif perkuatan struktur yang cukup efisien. Terutama akan difokuskan pada kolom yang merupakan elemen struktur yang sangat penting yang tentunya perlu juga ketika konstruksi mengalami suatu kegagalan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fundasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh batas total (*ultimit total collapse*) seluruh lantainya.

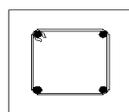
Keruntuhan kolom struktural merupakan hal yang sangat berarti ditinjau dari segi ekonomi maupun segi manusiawi. Oleh karena itu dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktur horison lainnya. Terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.

Apabila beban pada kolom bertambah, maka retak akan banyak

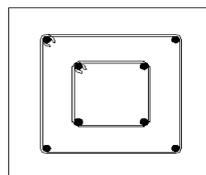
terjadi di seluruh tinggi kolom pada lokasi-lokasi tulangan sengkang. Dalam keadaan batas keruntuhan (*limit state of failure*), selimut beton pada kolom bersengkang (pada kolom bersengkang) atau diluar spiral (pada kolom berspiral) akan lepas sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebannya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk lokal (*local buckling*) tulangan memanjang pada panjang tak tertumpu sengkang atau spiral. Dapat dikatakan bahwa dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang.

Sistem Perkuatan *Concrete Jacketing*

Concrete jacketing adalah salah satu dari sekian banyak teknik yang digunakan dalam perbaikan dan perkuatan beton bertulang. *Concrete Jacketing* dilakukan dengan cara memperbesar penampang melintang beton bertulang yang telah ada dengan lapisan baru beton tambahan yang juga diperkuat dengan tulangan



KOLOM ASLI



KOLOM JACKETING

Gambar 1. Penampang Melintang Perkuatan *Concrete Jacketing*

Concrete jacketing adalah suatu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Keuntungan utama dari sistem ini adalah memberikan peningkatan dan pertambahan batas daripada kekuatan dan duktilitas beton, dan keuntungan kedua, bahwasannya *jacket* dalam melindungi dari kerusakan fragment dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban, karena *jacket* dapat mengurangi kegagalan geser langsung (*direct shear*), namun dapat juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri. Dalam melakukan perkuatan dengan *Concrete jacketing* biasanya digunakan bahan micro concrete yang sifatnya dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator (*self compaction*) dimana micro concrete adalah suatu campuran beton dengan ukuran butiran agregat yang kecil (< 0,25 mm), agregat yang digunakan sebagai campuran dalam micro concrete ini biasanya adalah pasir silika yang mempunyai gradasi yang heterogen.

Terdapat cukup banyak teknologi dalam perbaikan dan perkuatan struktur beton bertulang. Pengembangan teknologi dalam perbaikan dan struktur biasanya dilakuakn oleh pihak perusahaan. Teknologi perbaikan dan perkuatan struktur berkembang cepat sesuai dengan kebutuhan akan teknologi tersebut. Suatu teknologi muncul akibat

dari semakin berkembangnya pemenuhan kebutuhan manusia. Kebutuhan tersebut dapat bermacam-macam bentuknya tergantung dari sampai sejauh mana teknologi tersebut mempengaruhi efektifitas, nilai dan mutu dari suatu pekerjaan.

Dalam teknologi perbaikan struktur beton bertulang, khususnya perbaikan retakan dapat dilakukan dengan cara injeksi, yaitu injeksi dengan *low pressure*. Retakan yang tidak terlalu panjang, biasanya terjadi pada struktur balok, kolom dan plat lantai dapat diperbaiki dengan cara injeksi tekanan rendah (*low pressure*).

Sedangkan perkembangan teknologi perkuatan struktur dapat bermacam-macam bentuknya. Salah satunya adalah perkuatan dengan sistem *concrete jacketing*. Selain itu juga terdapat teknologi perkuatan lainnya seperti dengan menggunakan lembaran *Carbon Fibre Reinforced Polymer, Steel Bonding Plat, Shotcrete* dan lain sebagainya

Hipotesis Penelitian

Diduga terdapat pengaruh perbaikan kolom beton bertulang dengan *Concrete Jacketing* dengan variasi pembebanan yang telah ditentukan terhadap kapasitas kolom beton bertulang.

METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan benda uji pada masing-masing perlakuan seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Perlakuan Pada Benda Uji

Benda uji	Kolom 10 x 10 x 60			
Tebal jacket	-	3 cm	3 cm	3 cm
% pembebanan runtuh	100%	65%	75%	85%
Jumlah benda uji	3	3	3	3

Prosedur Pembuatan Benda Uji

Tahapan-tahapan dalam pembuatan benda uji eksisting adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material dan peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji

2. Analisa bahan meliputi agregat halus dan kasar
3. Pembuatan cetakan beton (bekisting)
4. Pemasangan tulangan
5. Pencampuran bahan beton dengan menggunakan mesin pencampur beton (*Concreting Mixer*)
6. Memasukkan campuran adukan beton kedalam bekisting
7. Perawatan (*curing*)
8. Pelepasan bekisting.

Tahapan-tahapan dalam perbaikan benda uji dengan *concrete jacketing* adalah sebagai berikut:

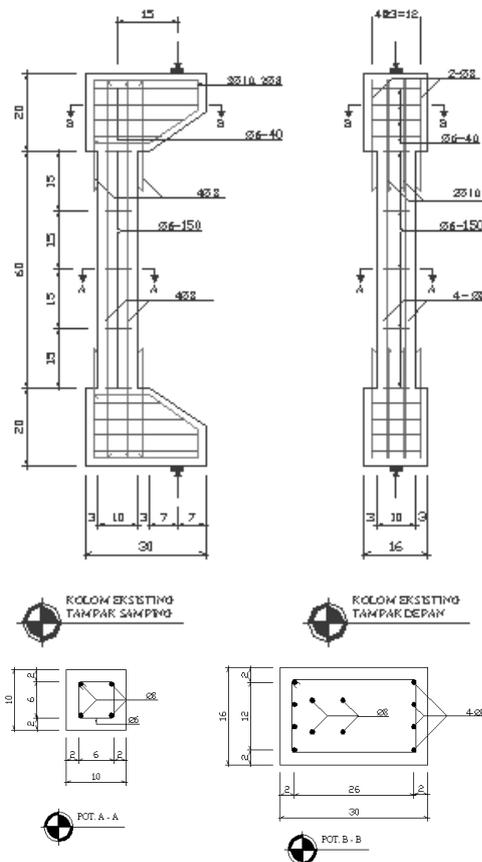
1. Setelah pembebanan sampai 65%, 75%, 85% beban runtuh, benda uji dipersiapkan untuk diberi perkuatan *jacketing* dimana terlebih dahulu permukaan beton dibuat lebih kasar dari keadaan semula dengan cara mencoak (*chipping*) bagian permukaan beton yang akan diperbaiki. Hal ini bertujuan untuk memberi perekatan

- yang baik antara beton kolom eksisting dengan beton *jacket*
2. Mencuci bagian permukaan beton yang telah dicoak untuk membersihkan kotoran-kotoran yang bisa mempengaruhi daya rekat *jacket*.
3. Pembuatan bekisting dan pemasangan tulangan.
4. Pencampuran bahan beton dengan menggunakan mesin pencampur beton (*Concreting Mixer*)
5. Memasukkan campuran adukan beton kedalam bekisting
6. Perawatan (*curing*)
7. Pelepasan bekisting.

Prosedur pengujian

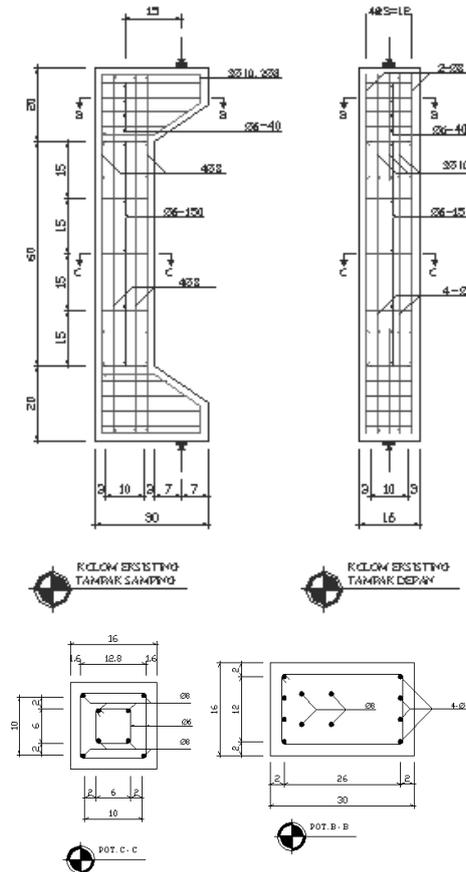
Tahapan-tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Setelah perawatan selama 28 hari sejak pengecoran, pembebanan dilakukan. Kolom beton ditempatkan pada alat uji. Kemudian kolom diberi beban aksial eksentris seperti gambar dibawah.



Gambar 2. Kolom Kondisi Eksisting

- Benda uji 1 (jumlah=3) dibebani sampai 100% runtuh (*preloading*) sebagai kolom kontrol, didapat P_{max}
- Benda uji 2, 3, 4 dibebani sampai dengan 65%, 75%, 85% beban runtuh (P_{max}), kemudian beban dihilangkan.
- Permukaan beton eksisting pada langkah 3 di *coak* (*chipping*) dengan tujuan untuk memberi lekatan yang cukup dengan jacket.
- Dipasang *concrete jacketing* dengan tebal 3cm seperti pada gambar dibawah.



Gambar 3. Kolom Kondisi Jacketing

- Dilakukan perawatan
- Kolom yang telah direpair dibebani sampai 100% runtuh.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas (*independent variable*) yaitu variabel yang berubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang

merupakan variabel bebas adalah prosentase pembebanan runtuh.

- Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah P ultimit, defleksi dan pola retak pada kolom beton bertulang.

PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari atau sesaat sebelum dilakukan pembebanan pada kolom betonnya, yaitu

berupa benda uji silinder dengan diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui mutu beton aktual. *Tabel 1* menunjukkan besarnya gaya tekan

hancur beton untuk FAS 0.48, serta menunjukkan besarnya nilai kuat tekan

beton rata – rata dari hasil pengujian kuat tekan beton.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder
 Uji Kuat Tekan Beton Silinder Ø8 cm
 Luas Permukaan Silinder = $(1/4) \pi d^2 = 50.2654825 \text{ cm}^2$
Sebelum Dijaketi

Silinder		Berat (gr)	Bacaan alat (kN)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	f'c rata " (kg/cm ²)	f'c rata " (kg/cm ²)
1	A	1975	204.4	349.82087	310.971	265.5889
	B	1853	148.4	253.97953		
	C	1960	192.3	329.11229		
2	A	2015	155.3	265.78855	250.842	
	B	1865	131.1	224.37141		
	C	1932	153.3	262.36565		
3	A	1905	123.5	211.36437	258.144	
	B	1932	181.3	310.28632		
	C	1810	147.7	252.78152		
4	A	1880	148.8	254.66411	242.399	
	B	1975	152.6	261.16763		
	C	1945	123.5	211.36437		

Sesudah Dijaketi

Silinder		Berat (gr)	Bacaan alat (kN)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	f'c rata " (kg/cm ²)	f'c rata " (kg/cm ²)
1	A	1853	131.7	225.39828	245.251	267.8043
	B	1905	122.1	208.96834		
	C	1905	176.1	301.38676		
2	A	1955	149.4	255.69099	297.507	
	B	1832	199.5	341.43475		
	C	2010	172.6	295.39668		
3	A	1860	143.9	246.278	260.654	
	B	1910	141.5	242.17051		
	C	1905	171.5	293.51408		

Sumber : Hasil Pengujian

Pengujian Kolom

Uji pembebanan dilakukan pada *frame* uji lentur yang telah dipasang dongkrak hidrolik yang dihubungkan dengan pompa. Kolom yang akan diuji dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu kolom sebelum dilakukan perbaikan yang mempunyai dimensi 10 x 10 x 60 cm,

dengan kolom setelah dilakukan perbaikan yang mempunyai dimensi 16 x 16 x 60 cm sehingga jumlah total benda uji sebanyak 12 buah benda uji. Macam pengujian dikelompokkan menjadi 4 kelompok berdasarkan pada perlakuan yang berbeda, seperti ditunjukkan pada *Tabel 3*.

Tabel 3. Pengelompokkan Kolom

No	Kolom	PERLAKUAN
1	KLM Kontrol I KLM Kontrol II KLM Kontrol III	Dibebani sampai runtuh dan nilai P yang diperoleh sebagai acuan (100%)
2	KLM 65%. I KLM 65%. II KLM 65%. III	- Dibebani 65 % Pmaks (<i>preloading</i>) - Kolom diperbaiki dengan sistem “ <i>Concrete Jacketing</i> ” - Kolom yang sudah diperbaiki dibebani sampai runtuh (<i>reloading</i>)
3	KLM 75%.I KLM 75%.II KLM 75%.III	- Dibebani 75 % Pmaks (<i>preloading</i>) - Kolom diperbaiki dengan sistem “ <i>Concrete Jacketing</i> ” - Kolom yang sudah diperbaiki dibebani sampai runtuh (<i>reloading</i>)
4	KLM 85%.I KLM 85%.II KLM 85%.III	- Dibebani 85 % Pmaks (<i>preloading</i>) - Kolom diperbaiki dengan sistem “ <i>Concrete Jacketing</i> ” - Kolom yang sudah diperbaiki dibebani sampai runtuh (<i>reloading</i>)

Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi persentase beban runtuh terhadap kapasitas kolom berdasarkan dari data kuat tekan maksimum masing – masing kolom pada saat pengujian di laboratorium. Pengujian hipotesis ini menggunakan analisis *T – Test* dengan *Software SPSS versi 10*.

Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbaikan kolom beton bertulang dengan menggunakan *Concrete Jacketing* sebagai salah satu metode perbaikan yang dipakai.

Hipotesis yang diambil adalah :

H_0^1 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh perbaikan kolom beton bertulang menggunakan

Concrete Jacketing sebagai salah satu metode perbaikan.

H_1^1 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa ada pengaruh perbaikan kolom beton bertulang menggunakan *Concrete Jacketing* sebagai salah satu metode perbaikan.

Dan :

H_0^1 = Hipotesa awal yang menyatakan bahwa variasi persentase beban tidak berpengaruh pada beban ultimit.

H_1^1 = Hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa variasi persentase pembebanan berpengaruh pada beban ultimit.

Dari analisa didapatkan bahwa variasi pembebanan 65% dengan 85% dan 75% dengan 85% mempunyai pengaruh yang nyata, begitu juga perbaikan kolom beton bertulang dengan

menggunakan *Concrete Jacketing* mempunyai pengaruh yang signifikan.

Pembahasan Mengenai Perbandingan Kapasitas Kolom yg Diperbaiki Menggunakan *Concrete Jacketing* dengan Variasi Beban Runtuh

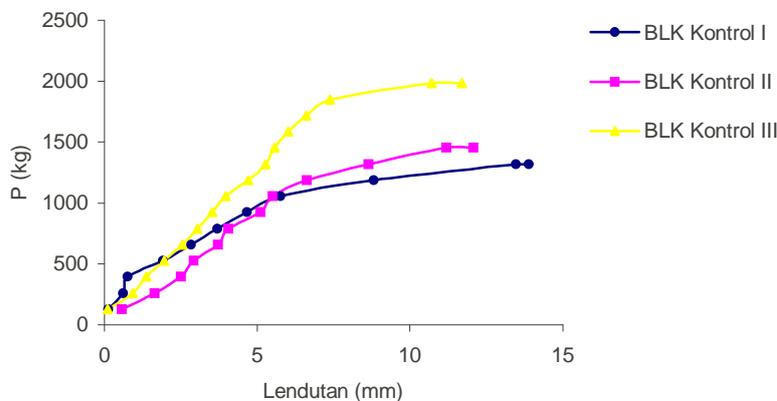
Kolom Kontrol (KLM kontrol I, KLM kontrol II, KLM kontrol III) yang dibebani 100% sampai runtuh, digunakan sebagai acuan untuk menentukan variasi beban dan menjadi kontrol untuk mengetahui peningkatan kekuatan pada kolom setelah dilakukan perbaikan dengan *Concrete Jacketing*.

Dari hasil pengujian didapat P maksimum, KLM kontrol I = 1320 kg, KLM kontrol II = 1452 kg dan KLM kontrol III = 1980 kg. Dari ketiga nilai P maksimum tersebut diambil rata – rata

dan didapatkan P maks rata – rata sebesar 1584 kg, sehingga dapat diketahui nilai pembebanan awal sebesar 65%, 75% dan 85% dari P maks rata – rata. Hasil perhitungan analitis didapatkan kapasitas kolom kontrol sebesar P = 2646,0367 kg. Grafik hubungan antara beban dan deformasi (lendutan) pada KLM kontrol I, KLM kontrol II dan KLM kontrol III dapat dilihat pada *gambar 4*. Dan grafik rata – rata hubungan antara beban dan deformasi (lendutan) pada seluruh pembebanan dapat dilihat pada *gambar 5*.

Kolom yang telah dibebani dengan persentase beban runtuh yang telah direncanakan diperbaiki menggunakan *Concrete Jacketing* sebagai salah satu metode perbaikan yang ada.

Grafik hubungan beban dan lendutan dengan pembebanan 100% runtuh



Grafik 4. Grafik Hubungan Beban – Lendutan Kolom Kontrol

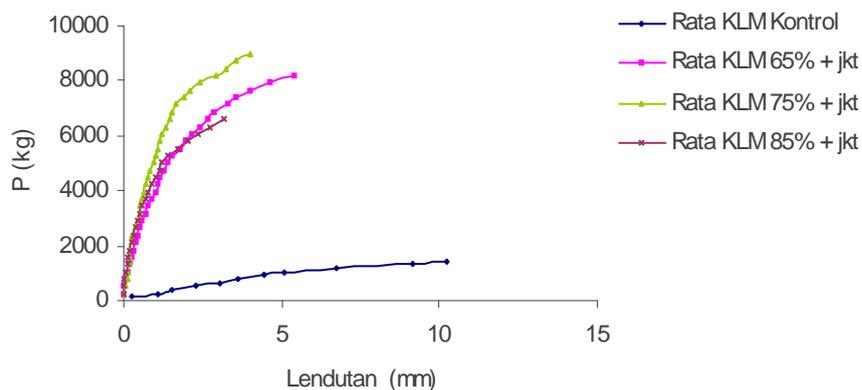
Tabel 4. Nilai P maksimum dan Lendutan Kolom Beton Bertulang Saat Runtuh

No	Kolom	P maks (kg)	Rata - rata (kg)	Persentase Kenaikan P maks (%)	Lendutan Saat Runtuh (mm)	Rata - rata (mm)
1	KLM Kontrol I	1320	1584	0	13,88	12,55333
	KLM Kontrol II	1452			12,08	
	KLM Kontrol III	1980			11,7	

2	KLM I 65% + jkt	8712	8448	433,333333	5,34	6,003333
	KLM II 65% + jkt	8448			3,8	
	KLM III 65% + jkt	8184			8,87	
3	KLM I 75% + jkt	9108	9548	502,777778	6,23	4,87
	KLM II 75% + jkt	9504			3,15	
	KLM III 75% + jkt	10032			5,23	
4	KLM I 85% + jkt	7128	6908	336,111111	1,46	4,198333
	KLM II 85% + jkt	6864			3,14	
	KLM III 85% + jkt	6732			7,995	

Sumber : Hasil Pengujian

Grafik rata - rata hubungan beban dan lendutan pada seluruh pembebanan



Grafik 5. Grafik Hubungan Beban – Lendutan Pada Seluruh Pembebanan

Terlihat pada *Tabel*, pada kolom dengan 65% beban runtuh (KLM I 65%, KLM II 65% dan KLM III 65%) dengan perbaikan *Concrete Jacketing* didapatkan P maksimum rata – rata sebesar 8448 kg. Sedangkan pada kolom dengan 75% beban runtuh (KLM I 75%, KLM II 75% dan KLM III 75%) dan kolom 85% beban runtuh (KLM I 85%, KLM II 85% dan KLM III 85%) didapatkan P

maksimum rata – rata berturut – turut sebesar 9548 kg dan 6908 kg, dengan membandingkan dengan P maksimum rata – rata kolom kontrol sebesar 1584 kg didapat prosentase peningkata P maksimum rata-rata, untuk kolom dengan 65% beban runtuh sebesar 433.333%, kolom dengan 75% beban runtuh sebesar 502.778% dan kolom dengan 85% beban runtuh sebesar 336.111%

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian statistik dengan menggunakan uji F untuk mencari

keseragaman dari data uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa data – data tersebut adalah seragam, kemudian dari uji T diperoleh kesimpulan bahwa perbaikan dengan

Concrete Jacketing mempunyai pengaruh yang signifikan, dan pengaruh yang nyata terlihat pada variasi pembebanan 65% dengan 85% dan variasi pembebanan 75% dengan 85%, sedangkan pada variasi pembebanan 65% dengan 75% tidak terlihat pengaruh yang nyata.

2. Kolom beton bertulang paling efektif untuk diperbaiki dengan *Concrete*

Jacketing setelah menerima beban runtuh awal sebesar 75% P maksimum.

3. Metode perbaikan dengan menggunakan *Concrete Jacketing* dapat diterapkan pada kolom beton bertulang setelah menerima beban runtuh sebesar 75% - 85% P maksimum agar didapat hasil yang signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat

pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- G. Nawy, Edward, 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung. Eresco
- Mosley, W. H dan Bungley, J. H. 1989, *Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta. Erlangga.
- Dipohusodo, Istimawan. 1999, *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.
- R.Park and Paulay, 1975, *Reinforced Concrete Structures*, New Zealand. Departement of Civil Engineering University of Canterbury.
- Struktur Beton*, ISBN. 979 – 9156 – 22 – X, Badan Penerbit Universitas Semarang.
- Dicky Rezaldy Munaf, MS.,MSCE, DR. Ir., dkk 2003. *Concrete Repair and Maintenance*. Jakarta. Penerbit: Yayasan John Hi-Tech Idetama.

- Ersoy, Tankut, and Suleiman. 1993, *Behavior of Jacketed Column*, ACI Structural Journal, vol.90, no3 Mei-Juni 1993. Detroit. American Concrete Institute.
- Crawford E John, Malvar Javier.L, Wesevich W James, Valencius Joseph and Reynold D Aaron, 1997, *Retroit of Reinforced Concrete Structures to Resist Blast Effects*, ACI Structural Jurnal, Vol.94 No.4, July-August 1997.
- Adi Prasetya, 2005, *Perilaku Kolom Pendek Akibat Temperatur Tinggi Dengan Ketebalan Selimut Beton Yang Berbeda*, Jurnal Teknik Sipil, Vol.5 No.2, April 2005. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta