

Perkuatan pada Balok Beton Berlubang di Daerah Tekan yang Mengalami Lenturan dengan Mortar Geopolimer

Adjib Karjanto¹, Boedya Djatmika², Edi Santoso³, Priyono Bagus Susanto⁴
^{1,2,3,4}Universitas Negeri Malang

Email : adjibkarjanto0805@gmail.com

Diterima (Agustus, 2019), direvisi (Agustus, 2019), diterbitkan (September, 2019)

Abstract

In its development, changes in building functions often occur so as to require flexible bending of building functions, ways are needed to provide reinforcement or repairs to hollow beams. One method in strengthening or repairing hollow beams is the grouting method. Grouting using geopolymer material has the advantage of great strength and faster setting time. These geopolymer properties are very suitable for grouting methods that require fast setting times and small shrinkage. In this study the test uses a beam measuring 100 X 20 X 15 cm with 10 M NaOH molarity Comparison of the activator, as well as the location and number of holes, 2 points in the bending area to determine the flexural strength and condition of the concrete after reinforcement (grouting). Where in this study used 9 pieces of reinforced concrete beams (3 normal beams, 3 porous beams, 3 reinforced beams). Normal beams have an average bending capacity of 149.777 kg / cm², while hollow beams have an average bending capacity of 118.36 kg / cm², and repaired / grouting beams have an average bending capacity of 139.022 kg / cm². There is a difference in the average flexural capacity in normal beams of 149.777 kg / cm² in hollow beams of 118.36 kg / cm², which has a difference of 31.41 kg / cm² (20.97%). There is a difference in the average flexural capacity in the grouting beam of 139.022 kg / cm² in the hollow beam of 118.36 kg / cm², which has a difference of 20.66 kg / cm² (14.86%). In a statistical analysis with a significance of 0.05 there was no significant difference in flexural strength in reinforced concrete grouting blocks 131.11 kg / cm² against normal beams, 149.77 kg / cm² had a difference of 10.755 kg / cm² in a percentage of 7.19%.

Keywords: Reinforced Concrete Beams, Concrete Strengthening, Beams Hole, Grouting Geopolymer, Flexural Strength.

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material yang mendominasi bahan konstruksi bangunan, karena bahan beton mudah di dapat dan mampu menahan beban yang sangat besar. Selain itu beton dapat dibuat berbagai bentuk sehingga sesuai dengan kebutuhan dan dapat memperindah bentuk suatu bangunan, mudah dirawat, tahan lama dan harga yang relatif murah. Tetapi dalam pelaksanaan dengan menggunakan beton, ada kalanya dijumpai kerusakan pada pembuatan konstruksi beton, baik itu kerusakan akibat pelaksanaan pencampuran maupun saat pencetakan. Pada waktu pelaksanaan pengerjaan pengecoran biasa terjadi pemadatan yang kurang sempurna, penuangan ke cetaknya dan

pemadatan yang tidak sempurna sehingga campuran beton akan menjadi tidak homogen. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya rongga-rongga didalam beton yang menyebabkan beton menjadi berlubang atau dengan sengaja kontruksi beton dilubangi untuk keperluan pemasangan instalasi air, listrik maupun AC. Pada struktur balok, berlubang ini dapat terjadi di beberapa tempat. maka diperlukan berbagai metode perbaikan yang tepat untuk mengatasi berbagai masalah kerusakan ini baik yang disengaja atau tidak [1].

Metode perbaikan dibagi menjadi dua, yaitu metode perbaikan pada cracks (keretakan) dan perbaikan pada voids (rongga/lubang/keropos). Untuk perbaikan pada keretakan, bisa dipakai metode injeksi, dengan material epoxy resin dan polyurethane. Sedangkan perbaikan pada kerusakan voids menggunakan metode grouting dengan material utama semen grout atau material epoxy. Grouting dengan semen grout memiliki keunggulan seperti mampu memperbaiki struktur beton dan harganya yang murah tetapi memiliki setting time yang lambat sedangkan grouting menggunakan material epoxy memiliki keunggulan strength yang besar dan waktu setting time yang lebih cepat tetapi material ini berharga mahal [2]. Sehingga diperlukan alternatif dalam perbaikan beton dengan metode grouting yang memiliki strength yang besar, setting time yang cepat dan lebih ekonomis dibandingkan bahan grouting sebelumnya.

Geopolymer lebih cocok digunakan untuk grout, karena skala pekerjaan yang dibutuhkan untuk grout jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan skala untuk pekerjaan beton. Kuat tekan tertinggi pasta geopolimer adalah 104,46 Mpa pada umur 28 hari dan kuat tekan tertinggi mortar geopolimer adalah 71 Mpa pada umur 28 hari [3]. Adanya lubang pada penampang lateral balok beton bertulang guna keperluan wadah instalasi mekanikal dan elektrikal akan mengurangi kekuatan dari struktur balok beton berlubang [4]. Balok tanpa lubang mengalami retakan di tengah bentang sedangkan balok dengan lubang mengalami retakan di bawah lubang [5]. Balok beton bertulang penampang persegi berlubang memanjang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti balok beton bertulang penampang I atau T dengan flens bawah yang ekuivalen [6]. Dalam penelitian ini akan dibuat dua lubang buatan yang dibentuk oleh pipa PVC \varnothing 1 ½ dengan cara ditempatkan di dalam bekisting di area tarikannya. Setelah itu balok model akan digROUTING dengan mortar geopolimer dengan kadar 10 molar.

2. MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian percobaan (experiment research), dilakukan di laboratorium. Mutu rencana benda uji (f^c) = 25 Mpa. Variabel bebas adalah kadar molar semen geopolimer yang akan diinjeksikan kedalam berlubang balok dan volume berlubang balok, sedangkan besarnya beban maksimal (P_{max}), lendutan (Δ), dan pola retak balok beton bertulang sebagai variabel terikat. Rencana variabel penelitian menggunakan model faktorial pangkat dua (3^2), sehingga diperoleh 9 buah benda uji dan balok akan diuji setelah 28 hari.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan dan Laboratorium Struktur gedung D9 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Bahan uji

beton bertulang yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan mutu beton $f_c' = 25$ Mpa dengan dimensi benda uji yang digunakan adalah balok beton bertulang $15 \times 20 \times 100$ cm sebanyak 3 benda uji balok normal biasa, 3 yang diberi berlubang buatan di 2 titik dan 3 balok berlubang yang diperbaiki dengan grouting geopolimer. PC tipe PPC merk Semen Gresik, pasir dan kerikil produk lokal. Tulangan balok yaitu tulangan tarik dan tekan $2\phi 10$, dan sengkang $\phi 6-60$ mm pada tumpuan dan $\phi 6-130$ mm pada area lapangan.

Membuka cetakan beton setelah 24 jam, kemudian benda uji direndam selama 28 hari. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan kubus geopolimer, uji kuat tekan silinder beton dan uji lentuk balok beton bertulang.



(a)



(d)



(e)

Gambar 1. (a) Proses Persiapan dan Pengecoran Beton Bertulang, (b) Beton Bertulang di dalam Cetakan selama 1x24 jam, (c) Pembuatan Mortar Geopolimer, (d) Menginjeksi Mortar Geopolimer Dan Membentuk Kubus Mortar Geopolimer, (e) Pengujian Kuat Tekan Kubus Geopolimer dan Uji Lentur Balok

Tabel 1. Kebutuhan Material untuk Benda Uji sebanyak 9 Buah Balok dan 5 Silinder

Kebutuhan Bahan Untuk Membuat Beton Yang Direncanakan				
Volume	Semen (Kg)	Air (Liter)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)
Balok	13,554	6,777	24,57324	40,95576
5 Silinder	2,39397525	1,196987625	4,340248515	7,23381111

Tabel 2. Kebutuhan Material Bahan Grouting Untuk 3 Balok Perbaikan

Tipe	Agregat		Binder		Air
	Pasir	FA	Aktivator		
			NaOH	Na ₂ SiO ₃	
	kg	kg	kg	kg	kg
10M	4,57	1,69	0,40	0,40	0,254
20%	0,91	0,34	0,08	0,08	0,05
Total	5,49	2,03	0,48	0,48	0,305

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Silinder Beton

Kuat tekan beton silinder diambil dari 2 balok per 1 silinder yang diuji pada umur 28 hari dengan ukuran 15 x 30 cm memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 27,96 MPa. ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil data Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

No	Umur	Tinggi	Diameter	Luas Penampang	Berat	P	P x 1000	Kuat Tekan
----	------	--------	----------	----------------	-------	---	----------	------------

	hari	mm	mm	mm ²	kg	kN	N	Mpa
1	28	300	150	17662,5	12,1	500	500000	28,3085633
2	28	300	150	17662,5	11,76	485	485000	27,4593064
3	28	300	150	17662,5	11,88	490	490000	27,7423921
4	28	300	150	17662,5	12	520	520000	29,4409059
5	28	300	150	17662,5	12,15	475	475000	26,8931352
	Rata-rata			17662,5	11,978	494	494000	27,9688606

3.2 Data Kubus Geopolimer

Kuat tekan kubus geopolimer dibuat 3 kubus yang diuji pada umur 28 hari dengan ukuran 5 x 5 cm yang memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 46 MPa. ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil data Pengujian Kuat Tekan Kubus Geopolimer

No	Umur	Panjang	Lebar	Luas Penampang	Berat	P	P x 1000	Kuat Tekan
	Hari	mm	mm	mm ²	kg	kN	N	Mpa
1	28	50	50	2500	0,328	100	100000	40
2	28	50	50	2500	0,338	120	120000	48
3	28	50	50	2500	0,34	125	125000	50
	Rata-rata			2500	0,33533	115	115000	46

3.3 Data Beban – Lendutan Balok Normal, Berlubang, dan Grouting

Tabel 5. Ringkasan Beban – Lendutan pada balok normal

Prilaku Balok	Normal 1		Normal 2		Normal 3	
	P	Δ	P	Δ	P	Δ
	kN	mm	kN	mm	kN	mm
Saat fu	112,3	11,43	115,7	11,31	109	10,8

Tabel 6. Beban – Lendutan maksimum pada Benda Uji Balok Berlubang di Daerah Tarik Tumpuan

Prilaku Balok	Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3	
	P	Δ	P	Δ	P	Δ
	kN	mm	kN	mm	kN	mm
saat fu	81.8	12.69	85.6	14.6	98.7	11.21

Tabel 7. Beban – Lendutan Maksimum pada balok Grouting Benda Uji

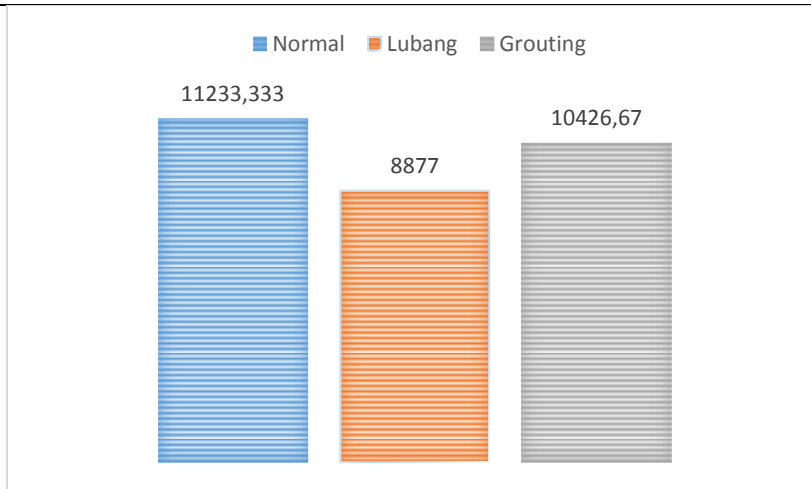
Prilaku Balok	Grouting Benda Uji 1		Grouting Benda Uji 2		Grouting Benda Uji 3	
	P	Δ	P	Δ	P	Δ
	kN	mm	kN	mm	kN	mm
saat fu	112.6	10.48	93.6	10.13	106.6	10.81

3.3 Data Kapasitas Lentur Balok

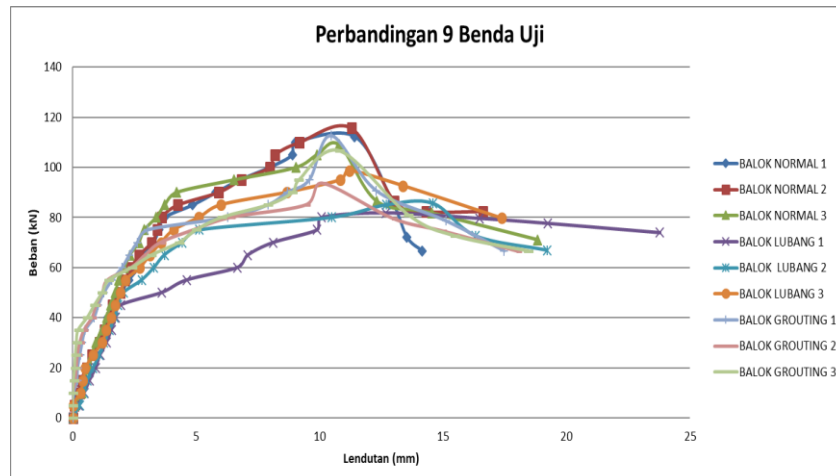
Tabel 8. Ringkasan Beban – Kapasitas Lentur Teoritis dan Experimental

No	Balok	Beban Maksimum	Kapasitas Lentur
----	-------	----------------	------------------

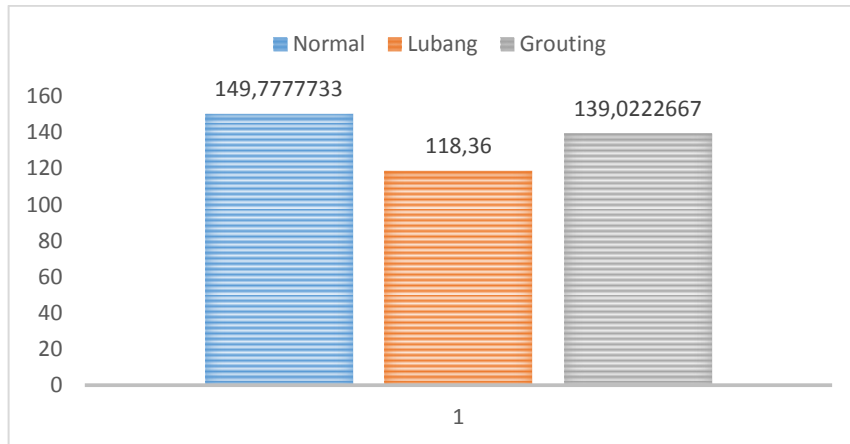
		Teoritis	Experimental	Teoritis	Experimental
		kN	kN	mm	mm
1	Normal	127,7	115,3	170,29	149,77
2	Lubang	95,9	88,7	127,82	118,36
3	Grouting	127,7	104,26	170,29	139,02



Gambar 2. Diagram Perbandingan Beban Maksimum



Gambar 3. Grafik Perbandingan Lenturan 9 Balok



Gambar 4. Diagram Perbandingan Lentur

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas lentur balok normal, berlubang dan grouting sangat berhubungan dengan beban yang dapat diterima. Balok normal memiliki kapasitas lentur tertinggi sebesar 149.7777733 kg/cm², kemudian balok grouting 139.0222667 kg/cm² dan balok berlubang sebesar 118.36 kg/cm².

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa perbandingan kuat lentur balok lubang sebesar 118.36 pada balok normal sebesar 149.7777733 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= 118.36 \text{ (Berlubang)} - 149.7778 \text{ (Normal)} \\
 &= -31.4178 \\
 &= \frac{-31.4178}{149.7778} \\
 &= -0.20976 \\
 &= -0.20976 \quad \times \quad 100\% \\
 &= 20.9763 \quad \%
 \end{aligned}$$

Kuat lentur balok berlubang dari balok normal mengalami penurunan sebesar 20,97%.

Pada penelitian Surbakti dan Pane (2017) “Analisis Lentur Murni Dan Eksperimental Balok Beton Bertulang Berlubang Pada Tengah Bentang”. Tentang penurunan kapasitas lentur balok beton bertulang berlubang sebesar 24,823 % dibandingkan dengan balok normal dan beban runtuh balok beton bertulang berlubang mengalami penurunan sebesar 8,333% dibandingkan balok beton bertulang normal.

3.4 Perbandingan Kuat Lentur Balok Belubang dengan Balok Grouting

Hasil perbandingan kapasitas lentur adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas lentur dari balok lubang kepada balok grouting mengalami kenaikan sebesar 14,86 %.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= 139.022 \text{ (Grouting)} - 118.36 \text{ (Berlubang)} \\
 &= 20.6623 \\
 &= \frac{20.6623}{139.022}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 139.022 \\
 &= 0.14863 \\
 &= 0.14863 \quad \times \quad 100\% \\
 \text{Selisih} &= 14.8626 \quad \%
 \end{aligned}$$

2. Kapasitas lentur dari balok normal kepada balok grouting mengalami penurunan sebesar 7,19 %.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= 149.778 \text{ (Normal)} - 139.002 \text{ (Grouting)} \\
 &= 10.776 \\
 &= 10.776 \\
 &= \underline{\hspace{1.5cm}} \\
 &= 149.778 \\
 &= 0.07195 \\
 &= 0.07195 \quad \times \quad 100\% \\
 &= 7.19465 \quad \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa balok grouting memberikan pengaruh kenaikan terhadap kapasitas lentur kepada balok berlubang sebesar 112,99%.

Menurut penelitian Tandiono (2017:90) Perubahan kuat lentur yang dihasilkan oleh dimensi benda uji A (150 x 150 x 600) mm tanpa pipa dengan kuat lentur dimensi benda uji B (150 x 150 x 600) mm dengan pipa ½”. perhitungan besarnya presentasi perubahan kuat lentur dimensi benda uji A (150 x 150 x 600) mm tanpa pipa dengan kuat lentur dimensi benda uji B (150 x 150 x 600) mm dengan pipa ½” adalah 18,45 %. Sehingga ukuran pipa pada balok yang semakin besar akan memberikan pengaruh terhadap kuat lentur yang dihasilkan dari balok beton bertulang. Semakin besar ukuran pipa pada balok beton bertulang, kuat lentur yang dihasilkan akan semakin kecil.

3.5 Analisis Statistik Balok Beton Bertulang Normal, Lubang dan Grouting

Uji statistik yang digunakan untuk menjawab hipotesis tersebut adalah uji t *independent* dengan bantuan Microsof Excel . Pemakaian uji t juga karena untuk mengetahui adakah perbedaan kapasitas lentur yang signifikan antara balok normal dengan balok grouting.

lentur normal	lentur grouting	P Value =	0.245
149.77	150.1333333	Sig=	Tidak Signifikan
154.2666667	124.8	Mean normal	149.79
145.3333333	142.1333333	Mean grouting	139.0222222
		Perbedaan	10.76777778
		Kecenderungan	Penurunan

Hasil analisa uji t dengan signifikansi 0,05 pada benda uji dapat dilihat bahwa hipotesis diterima dan H_0 ditolak. Karena dalam penelitian ini tidak ada perbedaan signifikan antara balok normal dengan balok grouting.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan mengetahui hasil penelitian tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran.

- 1) Ada perbedaan lapasitas lentur rata-rata pada balok normal sebesar 149,778 kg/cm² pada balok berlubang sebesar 118,36 kg/cm², yang memiliki selisih 31,41 kg/cm² (20,97%)
- 2) Ada perbedaan lapasitas lentur rata-rata pada balok grouting sebesar 139,022 kg/cm² pada balok berlubang sebesar 118,36 kg/cm², yang memiliki selisih 20,66 kg/cm² (14,86%).
- 3) Dalam analisa statistik dengan signifikansi 0,05 tidak ada selisih signifikan kuat lentur pada balok beton bertulang grouting geopolimer 131,11 kg/cm² terhadap balok normal, 149,77 kg/cm² memiliki selisih sebesar 10.755 kg/cm² dalam presentase 7,19%.

Artinya grouting memberikan pengaruh yang tinggi terhadap balok berlubang yang telah diperbaiki sehingga dapat mengembalikan kuat lenturnya mendekati balok kondisi normal

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyadi. Arief Eko, Nadia. 2013. “*Studi Analisis Lentur Pada Balok Tumpuan Yang Mengalami Pengeroposan Beton*”. Jurnal Konstruksia Volume 4 Nomer 2 Juni 2013
- [2] Alfredo. Daniel, Kevinardy Hutomo, Prasetyo Sudjarwo, Januar Buntoro. 2014. “*Analisa Penyebab Dan Metode Perbaikan Yang Tepat Pada Beton Yang Disebabkan Oleh Faktor Non-Struktural*”. Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya
- [3] Trimurtiningrum dan Retno. 2009. “*Self Compacted Concrete Dan Grouting Dari Beton Geopolymer*”. <http://digilib.its.ac.id>
- [4] Silalahi.Mangatar.2008. “Analisa Dan Kajian Experimental Balok Beton berlubang”. Master Thesis.Universitas Sumatera Utara
- [5] Pangestuti.Endah Kanti, Mahmud Kori effendi. 2010. “Perilaku Lentur Balok – L Beton Berluang Ditinjau Secara Eksperimen Dan Analisis Numerik Memakai Software Gid-Atena “.Universitas Negeri Semarang
- [6] Wiku A.Krasna, dkk. November 2010. “Perilaku Geser Pada keadaan Layan Dan Batas Balok Beton Bertulang Berlubang Mrmanjang “. Jurnal Imiah Semesta Teknika Vol.13, No.2, 145-154