Perbaikan Beton dengan Metode *Grouting* Menggunakan Variasi Bahan Tambah Semen *Grout*.

Concrete Improvement with Grouting Method Using Variation of Cement Additives

Agung Prabowo, Fadillawaty Saleh, Hakas Prayuda
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak Beton merupakan salah satu bahan yang pasti ada dalam suatu kontruksi bangunan yang sudah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain sebagainya. Seiring dengan berjalannya waktu struktur bangunan (beton) akan mengalami kerusakan. Kontruksi bangunan yang mengalami kerusakan dapat berupa retakan. Maka, dari itu perlu dilakukan perbaikan dan perawatan konstruksi bangunan dengan cara memberikan perkuatan ataupun penambahan bahan-bahan dan material tertentu pada struktur bangunan. Salah satu metode yang digunakan dalam perbaikan beton adalah metode *grouting*. Pada penelitian ini mengkaji pengaruh dari bahan semen *grout* terhadap kuat tekan dari beton umur 7, 14 dan 28 hari yang telah di perbaiki dan memperoleh perbandingan faktor air semen yang di gunakan untuk injeksi semen *grout*. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan rata-rata keseluruhan sebelum diperbaiki sebesar 32,01 MPa, pada umur 7 hari sebesar 33,12 MPa, pada umur 14 hari sebesar 21,85 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 24,99 MPa. Perbandingan campuran faktor air semen yang dapat digunakan yaitu 0,28 dan 0,26 karena keduanya mengalami kenaikan setelah umur 14 hari dengan kenaikan kuat tekan setelah diperam 14 hari sebesar 8,66 MPa dan 8,81 MPa.

Kata kunci: grouting, kuat tekan, perbaikan.

Abstrack Concrete is one of the materials that must exist in the construction. From time to time the use of concrete to the contruction will crack. Therefore, it is necessary to repair and maintain the building contruction by providing reinforcement or adding certain materials to the building structure. One of the methods can be used in the concrete improvement is grouting method. This research studies about the effect of cement material on the concrete compressive strength at 7 , 14 and 28 days which have been improved and compared the cement water factor which used for cement grout injection. The results show that the average compressive strength before repaired is 32.01 MPa and after 7 , 14 and 28 days are 33.12 MPa, 21.85 MPa, and 24.99 MPa. The cement water factor mixture which can be used is 0.28 and 0.26 because both increase after 14 days with compressive strength after curing are 8.66 MPa and 8.81 MPa.

Keywords: grouting, compressive strength, repair.

1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan yang pasti ada dalam suatu kontruksi bangunan dan sudah umum digunakan untuk suatu bangunan. Seiring dengan berjalannya waktu struktur bangunan (beton) akan mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor. Maka perlu adannya perbaikan beton, salah satu metode yang di gunakan dalam perbaikan beton adalah metode *grouting* dengan menggunakan semen *grout*. Menurut Yurmansyah dan Mukhlis (2009), perbaikan perkuatan pada beton dapat dilakukan dengan metode *grouting* dengan cara menyuntikan bahan perekat pada lubang retakan beton yang retaknya ada 0,2 mm sampai 5,00 mm dengan tujuan agar menjadi satu kesatuan(homogen). Perbaikan beton dengan metode grouting menggunakan bahan pasta semen ini terbukti efektif untuk memberi kekuatan pada lereng tanah dengan gradasi kasar dan kandungan batu krosok sampai 60%, Peningkatan yang terjadi dengan injeksi pasta semen mulai dari FS = 1,9 (33.3%) sampai dengan FS =2,80 (90,0%) (Sumirin dan Arief, 2017).

Penyebab utama dari kehancuran balok beton adalah karna retakan yang terjadi pada balok pada tengah bentang (Helmi, 2009), maka dari itu perlu adanya perbaikan beton. Perbaikan juga dapat dilakukan dengan metode lain yaitu metode *jacketing* dengan bahan ferosemen yang mampu meningkatkan kapasitas dari beban ultimit sebesar 28,571%

(UBB menjadi R-UBB) dan 81,828% (US-2 menjadi R-US.2), serta 91,667% (US-1 menjadi R-US.1), Kolom beton bertulang sangat efektif untuk diperbaiki dengan *concrete jackting* setelah mendapat beban runtuh awal sebesar 75% P maksimum (Soebandono dkk., 2011 ; Soenaryo dkk., 2009). Adapun perbaikan untuk balok beton bertulang dengan metode Eksternal *Prestressing* yang dilakukan dengan cara batang atau kabel prestressing dengan cara di tanam pada balok yang rusak, memberikan tegangan pada balok sampai suatu tegangan tarik tertentu lalu mengangkerkannya sehingga elemen yang sudah rusak mendapatkan gaya tekan (Khrisna dkk., 2015). Hasil dari pengujian Balok BBMT setelah di injeksi epoxy yaitu semakin lama umur perbaikan beton setelah di injeksi epoxy maka semakin besar beban maksimum yang dapat ditumpu oleh balok (Puspita dkk., 2018). Metode perbaikan lainya dapat menggunakan metode Perbaikan balok dengan *Carbon Fibre Reinforced Polyme*r (CFRP) yang dapat menahan beban yang lebih besar dan menghasilkan lendutan yang semakin rendah (Jamal dkk., 2015). Berbeda dengan metode perbaikan dengan CFRB, pengujian dengan menggunakan *glass fiber reinforced polymer* (GFRP) memiliki sifat daktail yang ditunjukan dengan meningkatnya perpindahan daktalitas sebesar 129,14% dan daktalitas kurvatur sebesar 118,27% (Parmo dkk., (2013).

Menurut Waani dan Elisabeth (2017), material pozolan dapat menjadi bahan tambahan/substitusi terhadap beberapa semen pada campuran semen untuk kontruksi bangunan. Adapun material lainya seperti agregat kasar (krikil clereng) yang memiliki berat jenis normal karena berada antara 2,5-2,7 dengan hasil sebesar 2,69; nilai dari penyerapan air sebesar 0,88%; dan nilai dari kadar air agregat kasar sebesar 0,74% (Ginting, 2015). Dan untuk material agregat halus yang berasal dari kali Progo (pasir Progo) termasuk dalam daerah 2 dengan berat jenis sebesar 2,59; kadar air sebesar 4,57%; penyerapan air sebesar 0,26%; berat satuan 1,31 g/cm^3; kadar lumpur sebesar 4,532%; dan gradasi butiran sebesar 2,65.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bahan semen *grout* dengan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah diperbaiki dan memperoleh perbandingan yang digunakan untuk injeksi semen *grout*.

2. Beton

Beton adalah bahan komposit dari bermacam campuran yang memiliki bahan utama berupa campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air atau tnapa adanya bahan tamba yang lain yang memiliki perbandingan tertentu. Karna beton komposit maka kualitas material pembentuk harus baik(Tjokrodimulyo, 2007).

Menurut Mulyono (2004), beton juga harus kuat terhadap serangan api dan korosi, secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

a. Kelebihan Beton
   1. Mampu dengan mudah memikul beban yang berat.
   2. Biaya pemeliharaan kecil.
   3. Pada tempertatur tinggi beton lebih tahan.
   4. Mudah di bentuk sesuai kebutuhan.
b. Kekurangan Beton
   1. Dalam pelaksanaan pembuatan beton membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi.
   2. Beton yang sudah di cetak sulit di rubah.
   3. Memiliki daya pantul suara yang tinggi.
   4. Berat.

3. Komposisi Beton

Semen

Semen memiliki dua macam yaitu semen hidraulik dan non-hidraulik. Semen yang dapat mengikat dan mengeras di dalam air disebut semen hidraulik, sedangkan semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air namun dalam proses pengerasan perlu udara disebut semen non-hidraulik. Campuran semen *portland* dengan pozolan antara 15%-40% berat dari total campuran dengan kandungan SiO2 + Al_2O_3+Fe_2O_3 didalam *pozolan* minimum 70% disebut Semen *Portland-pozolan* (BSN, 2000). Berdasarkan BSN (2004), semen hidrolis (OPC) yang di hasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* khususnya terdiri dari kalsium silikat yang memiliki sifat hidrolis yang dapat digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk

kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain yaitu disebut semen *portland.*

Semen *portland* memiliki 5 jenis kategori, yaitu sebagai berikut ini.

1. Semen *portland* dengan tipe I, semen portland dengan kegunaan umum dan tidak ada persyaratan khusus.
2. Semen *portand* dengan tipe II, semen portland yang memerlukan kalor hidrasi sedang dan ketahanan dengan sulfat dalam penggunaannya.
3. Semen *portland* dengan tipe III, semen portland yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *portland* dengan tipe IV, semen *portland* yang memerlukan kalor hidrasi yang rendah dalam penggunaannya.
5. Semen *portland* tipe V, semen portland yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat dalam penggunaanya.

Berdasarkan BSN (2004), semen PCC *(Portland Cement Composit)* yaitu bahan pengikat dari hasil penggilingan hidrolis bersama dengan terak semen *portland* dan gips dengan bahan anorganik yaitu: terak tanur tinggi, batu kapur, senyawa silikat, *pozzolan*, kadar total bahan anorganik 6%-35% pada massa semen *portland* komposit. Semen *portland* komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton dan sebagainya.

Berdasarkan BSN (2004), menurut jenis dan penggunaannya semen PPC dapat dibagi menjadi empat yaitu sebgai berikut ini.

1. Semen *portland pozzolan* yang digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton merupakan jenis IP-IU
2. Semen *portland pozzolan* yang digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah merupakan jenis P-K.
3. Semen *portland pozzolan* yang digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen ini juga bisa untuk tahan panas hidrasi sedang dan sulfat sedang merupakan jenis IP-K
4. semen *portland pozzolan* yang digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, merupakan jenis P-U.

Agregat halus

Dalam Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listik (1971), pasir alam dapat digunakan untuk agregat halus yang berasal dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang di hasilkan dari alat pemecah batu. Adapun persyaratan umum agregat halus yang digunakan untuk campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat halus harus berbutir tajam dan keras, tidak mudah hancur karena pengaruh cuaca seperti hujan dan terik matahari.
2. Kadar lumpur tidak lebih dari 5%, apabila kadar lumpur agregat halus lebih dari 5% maka harus di cuci.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik.
4. Besarnya butiran dari agregat halus harus beraneka ragam, adapun persyaratan apabila di ayak adalah sebagai berikut ini.
   a) Minimum harus 2% berat sisa yang adat diatas ayakan 4 mm.
   b) Minimum harus 10% berat, sisa yang ada di atas ayakan 1 mm.
   c) Harus berkisar antara 95% dan 80% berat, sisa yang ada pada diatas ayakan 0,25mm.
5. pasir laut tidak boleh di pakai untuk agregat halus pada semua mutu beton kecuali dengan pemeriksaan bahan-bahan dan petunjuk dari lembaga yang di akui.

Agregat Kasar (Kerikil)

Dalam Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (1971), agregat kasar yag digunakan dalam pembuatan beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang di hasilkan dari alat pemecah batu. Adapun persyaratan umum agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur terlalu tinggi, maksimal kadar lumpur agregat kasar yaitu 1% (ditentuka

dari berat kering), apabila kadar lumpur agregat kasar lebih dari 1% maka harus di cuci.

2. Agregat kasar harus memiliki butiran yang keras dan tidak memiliki pori. Agregat kasar yang memiliki butiran yang pipih jumlahnya tidak boleh lebih dari 20% dari total berat agregat kasar. Butiranya harus kuat tidak mudah pecah jika terkena terik matahari dan hujan.
3. Kekerasan agregat kasar tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50% setalah diuji dengan mesin pengaus *los angels.*
4. Tidak boleh mengandung zat-zat kimia yang dapat merusak agregat kasar.
5. Ukuran dari agregat kasar harus beraneka ragam, dengan syarat sebagai berikut ini.

a) Sisa diatas ayakan 4mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
b) Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0% dari berat.
c) Selisih dari sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, minimum 10% berat dan maksimum 60% berat.

Air

Dalam Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listik (1971), air yang digunakan dalam pembuatan beton dan perawatan beton tidak boleh mengandung asam, minyak, alkali, garam, bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton. Sebaiknya menggunakan air yang dapat di minum.

4. Kuat Tekan Beton

Tujuan pengujian kuat tekan beton yaitu untuk mendapatkan data kuat tekan beton dengan metode yang benar. Pada pengujian ini beton segar (*fresh concrete)* di uji dengan mewakili campuran beton, benda uji berbentuk kubus ataupun silinder (BSN, 1990). Pengujian tersebut dapat digunakan dalam pekerjaan berikut ini.

a. Pengendalian pada mutu beton untuk pelaksanaan pembutan beton.
b. Membuat rancangan campuran beton.
   Ada beberapa cara perhitungan dalam pengujian kuat tekan beton, perhitungan tersebut seperti yang tertulis pada persamaan (2.1).

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}.\ \text{kg/cm}^2 \quad ...(2.1)$$

dengan :
A = Luas penampang (cm^2)
P = Beban maksimum (kg)

Menurut Tjokrodimuljo (2007), Nilai Kuat tekan beton umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, untuk meninjau mutu beton ditinjau kuat tekannya saja. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80 MPa
Beton Pra Tegang	30 – 40 MPa
Beton Normal (Beton Biasa)	15 – 30 MPa

Grout

Slurry semen yang di injeksikan ke dalam pipa-pipa, retak-retak, dan lubang-lubang lainya disebut *grout.* Bisa juga untuk pelindug beton di samping bangunan yang tak tembus air. Pasir juga bisa digunakan jika volumenya besar. Admixture mineral, seperti bentonite dan abu-terbang, bahan tersebut ering digunakan untuk bahan kecairan. Adimixeture juga dapat digunakan untuk menambah daya lekat, mengurangi kadar air dan untuk mengendalikan waktu pengikatan. Adimixeture bisa ditambahkan untuk melawan susut juga. Bahan penyusun campuran *grout* adalah air dan semen. Senyawa utama yang di miliki semen yaitu: trikalsium silikat (Ca_3SiO_5), dikalsium silikat (Ca_2SiO_4), trikalsium aluminat ($Ca_3Al_2O_6$), dan tetrakalsium aluminoferrit ($2Ca_2AlFeO_5$). Secara termodinamis Senyawa kimia dari semen bila dicampurkan dengan air tidak stabil, sehingga cenderung bereaksi ketika dicampurkan. Reaksi hidrasi semen awalnya cepat setelah itu akan semakin lambat. Sifat eksotermik reaksi hidrasi menandakan panas yang dilepas ketika terjadi pengikatan dan pengerasan semen (Nugraha dan Antoni, 2004).

Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran 15×15×15 cm dengan jumlah total benda uji sebanyak 27 buah untuk diuji pada umur 28 hari namun tidak sampai hancur, hanya sampai terlihat retak, dan setelah itu beton di perbaiki dengan metode *grouting* atau injeksi campuran fas yang terdiri dari tiga campuran yaitu campuran Fas 0,23, Fas 0,26 dan Fas 0,28 setelah itu di ambil masing-masing 9 benda uji untuk tiap campuran Fasnya.

5. Metode Pengujian

Penelitian ini dilakuakan di Laboratorium Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bahan sika grout terhadap kuat tekan beton umur 7, 14 dan 28 hari setelah diperbaiki dan memperoleh perbandingan yang di gunakan untuk injeksi semen *grout*. Pengujian yang di lakukan yaitu pengujian agregat halus atau pasir antara lain: pengujian gradasi, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan air, kadar air, berat satuan. Pengujian agregat kasar antara lain pengujian keausan , kadar air, berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur, berat satuan agregat. Menentukan campuran *mix design* untuk beton, perancangan campuran untuk bahan perbaikan beton, pengujian *slump*, dan kuat tekan beton.

6. Hasil dan Pembahasan

Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Tahap pertama dalam penelittian ini yaitu pemeriksaan agregat halus yang digunakan untuk beton dapat menggunakan pasir alam dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang di hasilkan dari alat pemecah batu, hasil pemeriksaan yang didapatkan selengkapnya pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
Gradasi Butiran	Daerah 2	-
Modulus Halus Butir	3,84	-
Kadar Lumpur	4,71	%

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus (lanjutan)

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis	2,68	-
Penyerapan Air	10,87	%
Kadar Air	5,73	%
Berat Satuan	1,47	g/cm^3

Hasil yang di dapatkan dari penyerapan air belum termasuk dalam agregat normal dan kadar air agregat halus belum termasuk dalam agregat halus kering permukaan (SSD). Setelah itu dilanjutkan dengan penelitian agregat kasar. Hasil selengkapnya pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
Keausan Agregat	18,89	%
Kadar Air	1,84	%
Berat jenis	2,64	-
Penyerapan Air	1,79	%
Kadar Lumpur	1,45	%
Berat Satuan	1,45	g/cm^3

Hasil yang di dapatkan dari kadar air agregat kasar belum termasuk dalam agregat halus kering permukaan (SSD) dan kadar lumpur agregat kasar belum memenuhi standar kadar lumpur yang dibolehkan maka perlu dicuci sebelum digunakan.

Hasil Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan dua kali yaitu sebelum diperbaiki dan sesudah dilakukan perbaikan beton, pengujian kuat tekan beton pada saat sebelum perbaikan beton diuji pada umur 28 hari, namun tidak sampai hancur hanya sampai terlihat retakan pada benda uji. Perbandingan fas selengkapnya pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan campuran bahan *grout*

Bahan	Campuran 0,23	Campuran 0,26	Campuran 0,28
Air	210 ml	230 ml	250 ml
Semen *Grout*	900 ml	900 ml	900 ml

Pada Tabel 6 hasil dari pengujian kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm didapatkan kuat tekan beton rerata pada umur 28 hari sebelum diperbaiki sebesar 34,68 MPa dan hasil dari nilai kuat tekan beton sesudah diperbaiki dengan campuran fas 0,28 yang diuji pada umur 28 hari sebesar 26,46 MPa, 14 hari sebesar 17,80 MPa dan 7 hari sebesar 33,39 MPa.

Hasil nilai kuat tekan beton rerata pada umur 28 hari sebelum diperbaiki sebesar 31,85 MPa dan hasil dari kuat tekan beton setelah diperbaiki dengan campuran fas 0,26 yang diuji pada umur 28 hari sebesar 25,68 MPa, 14 hari sebesar 16,67 MPa dan 7 hari sebesar 33,04 MPa. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil kuat tekan beton dengan campuran fas 0,28

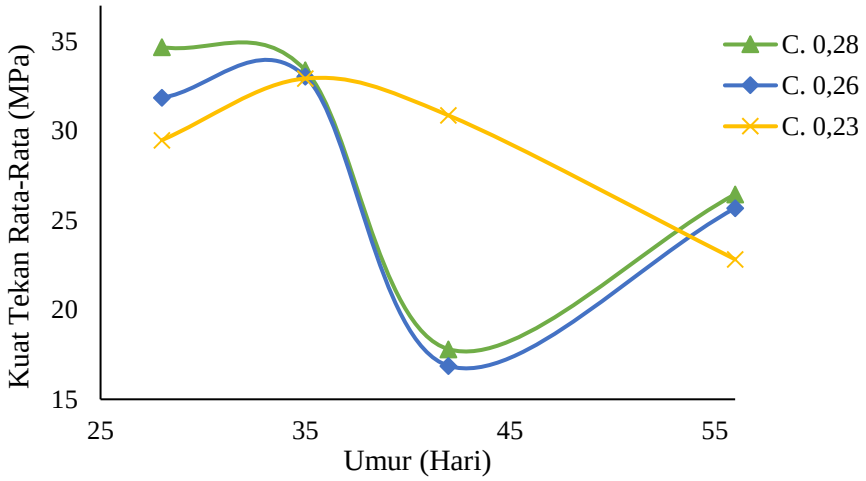
Hasil uji sebelum diperbaiki				Hasil uji setelah diperbaiki		
Kode	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)
TA 9	35,15	28 hari		27,56	28 hari	
TA 10	33,82	28 hari		28,22	28 hari	26,46
TA 11	31,41	28 hari		23,59	28 hari	
TA 30	34,63	28 hari		19,29	14 hari	
TA 31	30,28	28 hari	34,68	14,15	14 hari	17,80
TA 32	32,52	28 hari		19,97	14 hari	
TA 64	38,97	28 hari		38,67	7 hari	
TA 65	41,34	28 hari		32,69	7 hari	33,39
TA 66	34,05	28 hari		28,81	7 hari	

Tabel 7. Hasil kuat tekan beton dengan campuran fas 0,26

Hasil uji sebelum diperbaiki				Hasil uji setelah diperbaiki		
Kode	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)
TA 3	32,78	28 hari		16,79	28 hari	
TA 4	31,21	28 hari	31,85	32,13	28 hari	25,68
TA 5	30,40	28 hari		28,13	28 hari	
TA 39	33,28	28 hari		16,61	14 hari	
TA 40	33,18	28 hari		20,70	14 hari	16,87
TA 41	28,93	28 hari		13,31	14 hari	
TA 55	24,61	28 hari		31,86	7 hari	
TA 56	34,56	28 hari		29,16	7 hari	33,04
TA 57	37,72	28 hari		38,11	7 hari	

Tabel 8. Hasil kuat tekan beton dengan campuran 0,23

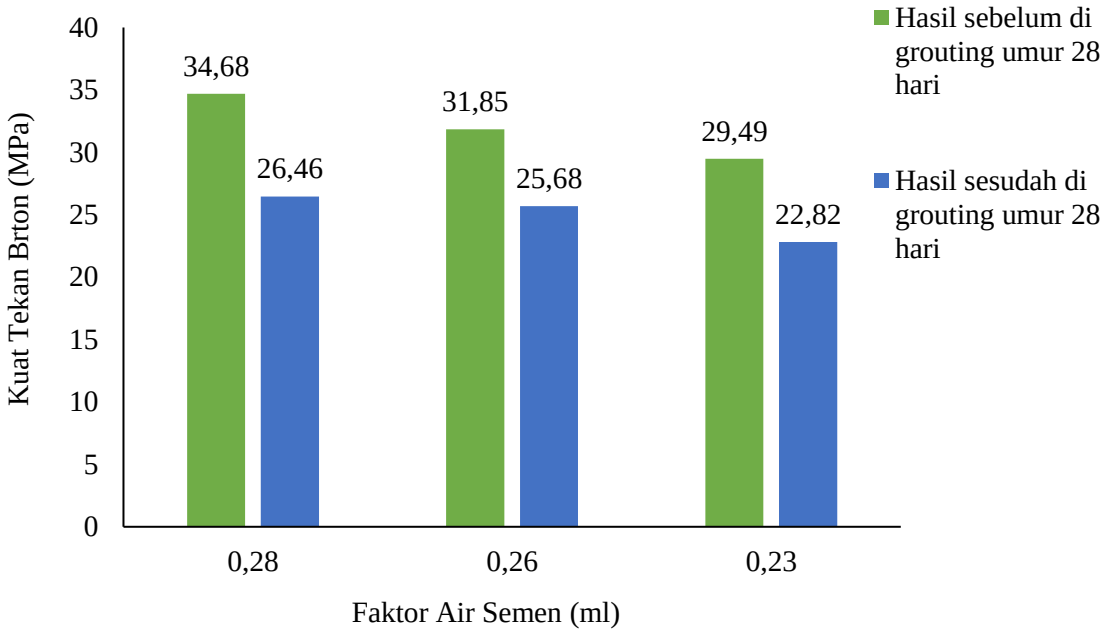
Hasil uji sebelum diperbaiki				Hasil uji setelah diperbaiki		
Kode	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)	P.max (MPa)	fc' Umur	Rerata (MPa)
TA 18	28,91	28 hari		27,86	28 hari	
TA 19	29,15	28 hari		25,57	28 hari	22,82
TA 20	26,75	28 hari		15,03	28 hari	
TA 46	33,93	28 hari		24,32	14 hari	
TA 47	19,85	28 hari	29,49	34,54	14 hari	30,87
TA 48	30,94	28 hari		33,74	14 hari	
TA 73	37,31	28 hari		37,13	7 hari	
TA 74	30,57	28 hari		24,35	7 hari	32,93
TA 75	27,96	28 hari		37,30	7 hari	



Gambar 1. Hasil kuat tekan rata-rata

Hasil kuat tekan beton diuji pada umur 28 hari sebesar 28,92 MPa dan Hasil kuat tekan beton setelah diperbaiki dengan campuran fas 0,23 diuji pada umur 28 hari sebesar 22,82 MPa, 14 hari 30,87 MPa dan 7 hari 32,93 MPa. Hasil selengkapnya dapat di lijat pada Tabel 8.

Hasil kuat tekan beton sesudah dan sebelum diperbaiki didapatkan campuran fas 0,28 mengalami penurunan dari kuat tekan awal rata-rata sebesar 34,6 MPa setelah diperbaiki menjadi 33,39 MPa, pada umur 14 hari nilai kuat tekan rata-rata menurun sebesar 17,80 MPa dan setelah umur 14 hari beton mengalami peningkatan kuat tekan kemudian pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata beton sebesar 26,46 MPa. Pada campuran fas 0,26 mengalami kenaikan setelah diperbaiki pada umur 7 hari dari kuat tekan awal rata-rata sebesar 31,85 MPa setelah diperbaiki menjadi 33,04 MPa, pada umur 14 hari nilai kuat tekan rata-rata menurun sebesar 16,87 MPa dan setelah umur 14 hari beton mengalami peningkatan kuat tekan kemudian pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata beton sebesar 25,68 MPa.Pada campuran fas 0,23 mengalami kenaikan setelah diperbaiki pada umur 7 hari dari kuat tekan awal rata-rata sebesar 29,49 MPa setelah diperbaiki menjadi 32,93 MPa, pada umur 14 hari nilai kuat tekan rata-rata menurun sebesar 30,87 MPa dan pada umur 28 hari kuat tekan beton rata-rata semakin menurun sebesar 22,82 MPa. Perbandingan campuran fas yang dapat digunakan yaitu fas 0,28 dan fas 0,26 karena keduanya mengalami kenaikan setelah umur 14 hari dengan kenaikan kuat tekan setelah umur 14 hari sebesar 8,66 MPa dan 8,81 MPa, namun pada campuran fas 0,23 mengalami penurunan terus-menerus setelah umur 7 hari sampai pada umur 28 hari setelah diperbaiki, hal tersebut dikarenakan pada pengujian kuat tekan sebelum diperbaiki pada umur 28 hari tingkat keretakannya berbeda-beda dari keretakan sedang sampai keretakan yang parah. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Hasil kuat tekan sebelum dan sesudah diperbaiki

Pada Gambar 2 hasil akhir yang di dapatkan rata-rata benda uji mengalami penurunan kuat tekan setelah di perbaiki. Data yang di dapat nilai kuat tekan beton pada umur 28 sebelum diperbaiki dan umur 28 hari setelah diperbaiki untuk campuran Fas 0,28 mengalami penuruanan yaitu sebesar 8,22 MPa, untuk campuran Fas 0,26 mengalami penuruanan yaitu sebesar 9,17 MPa, dan untuk campuran Fas 0,23 mengalami penuruanan yaitu sebesar 6,67 MPa.

7. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang sudah diuraikan didaptkan kesimpulan yaitu pengaruh bahan semen *grout* pada beton menghasilkan kuat tekan beton setelah diperbaiki pada umur 7 hari sebesar 33,12 MPa, umur 14 hari sebesar 21,85 MPa, dan umur 28 hari sebesar 24,99 MPa dengan perbandingan campuran fas yang dapat digunakan yaitu fas 0,28 dan fas 0,26 karena keduanya mengalami kenaikan setelah umur 14 hari dengan kenaikan kuat tekan setelah umur 14 hari sebesar 8,66 MPa dan 8,81 MPa.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan campuran Fas yang berbeda untuk hasil mutu yang lebih baik lagi, perlu ditmbah jumlah variasi bahan supanya mendapat data yang lebih baik, dan pada saat pengujian kuat tekan perlu diseragamkan tekanannya agar beton tidak terlalu retak, benda uji yang digunakan sebaiknya menggunakan dimensi yang lebih besar agar lebih mudah dalam pengerjaan perbaikannya.

8. Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1974-1990 : *Metode pengujian kuat tekan beton*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional, 2000, SNI 03-2834-2000: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 15-2049-2004 : *Semen portland*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Bandung.

Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1974-1990 : *Metode pengujian kuat tekan beton*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional, 2000, SNI 03-2834-2000: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 15-2049-2004 : *Semen portland*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Bandung.

Ginting, A., 2015, Pengaruh Rasio Agregat Semen dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous, *Jurnal Teknik*, 5(1), 1-9.

Helmi, M., 2009, Perbaikan Balok Beton Bertulang yang Telah Mengalami Beban Puncak dengan Baja Siku, *Jurnal Rekayasa*, 13(1), 55-65.

Jamal, A. U., Bale, H. A., dan Haqiqi, I., 2015, Perilaku Lentur Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Variasi Lebar Carbon Fibre Reinforced Polymer, *Jurnal Teknisia*, 20(2), 154-162.

Khrisna, D., Hazairin, dan Herbudiman, B., 2015, Kajian Perilaku Lentur Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode External Prestresing, *Jurnal Reka Racana*, 1(1), 1-8.

Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Andi.

Nugraha, P., dan Antoni, 2004, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: C.V Andi Offset

Parmo, Soeharjono, A., dan Tavio, 2013, Perbaikan Kekuatan dan Daktalitas Kolom Beton Bertulang Yang Mendapat Beban Gempa Menggunakan Glass Fiber Reinforced Polymer, *Jurnal Teknologi dan Kejuruan*, 36(1), 75-86.

Puspita, F. F., Aulia, B. T., dan Afifudin, M., 2018, Analisis Retak Lentur pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi yang Diperbaiki dengan Injeksi Epoxy, *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), 831-844.

Soebandono, B., Triwiyono, A., dan Muslikh, 2011, Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Ferosemen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14(2), 166-176.

Soenaryo, A., Hidayat, M. T., dan Siswanto, H., 2009, Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Concrete Jacketing dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(2), 91-100.

Sumirin, dan Arief, R. B., 2017, Analisis Efektifitas Model Perkuatan dengan Injeksi Semen untuk Peningkatan Angka Keamanan Lereng, *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(1), 23-28.

Tjokrodimulyo, Kardiyono. 2007. *Teknologi beton*, Yogyakarta: Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

Waani, J. E., dan Elisabeth, L., 2017, Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen Pada Kinerja Campuran Semen, *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 237-246.

Yurmansyah, I., dan Mukhlis, 2009, Perkuatan Struktur Beton Gedung Dengan Metode Grouting Dan Glasss Fiber, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(1), 46-57.