

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan yang dilakukan adalah pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus. Hasil pemeriksaan bahan-bahan penelitian adalah sebagai berikut ini.

a. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil Clereng)

1) Berat Jenis dan Penyerapan Air

Nilai berat jenis jenuh kering muka dan penyerapan air rata-rata dari sembilan benda uji didapatkan berturut-turut sebesar 2,64 dan 1,79 %. Menurut Tjokrodinuljo (2010), agregat dibagi menjadi tiga berdasarkan berat jenisnya yaitu agregat ringan, agregat normal, dan agregat berat dengan nilai berat jenisnya berturut-turut adalah kurang dari 2,0; antara 2,5-2,7 dan lebih dari 2,8. Jadi dengan nilai berat jenis 2,64, kerikil Clereng yang digunakan dalam penelitian ini termasuk ke dalam jenis agregat normal. Hasil lengkap pengujian ada pada Lampiran 1.

2) Kadar Air

Semakin tinggi nilai kadar air maka semakin tinggi daya serap air oleh agregat, hal ini dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Nilai kadar air dari pengujian ini didapat dari nilai rata-rata kadar air sembilan benda uji, yaitu sebesar 1,84 %. Persyaratan kadar air maksimum untuk agregat kasar normal adalah 2 %, jadi kerikil Clereng yang digunakan pada penelitian ini termasuk jenis agregat kasar normal. Hasil lengkap pengujian ada pada Lampiran 2.

3) Kadar Lumpur

Nilai kadar lumpur didapatkan dari nilai kadar lumpur rata-rata sembilan benda uji yaitu sebesar 1,80 %. Berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F (Badan Standarisasi Nasional, 1989) agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %, sehingga kerikil Clereng yang digunakan dalam pembuatan beton pada penelitian ini belum memenuhi syarat tersebut, jadi perlu dilakukan pencucian terlebih dahulu sebelum digunakan untuk

pembuatan beton dengan tujuan mengurangi kadar lumpur yang terkandung pada agregat. Hasil lengkap pengujian ada pada Lampiran 3.

4) Berat Satuan

Berat satuan dari kerikil Clereng yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 1,45 gr/cm³. Menurut Tjokrodinuljo (2010), berat satuan agregat normal adalah antara 1,5-1,80 gr/cm³. Semakin mampat kondisi agregat maka akan semakin besar berat satuan agregat. Hasil lengkap pengujian ada pada Lampiran 4.

5) Keausan Agregat

Menurut Tjokrodinuljo (1992), nilai keausan agregat kasar yang diuji dengan mesin *Los Angeles* tidak boleh melebihi 40 %. Sedangkan dalam penelitian ini, nilai rata-rata keausan agregat kasar dari sembilan benda uji adalah 18,89%, sehingga dapat diketahui jika kerikil Clereng yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Hasil lengkap pengujian ini terdapat pada Lampiran 5.

Berikut adalah hasil lengkap seluruh pengujian agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1. Hasil keseluruhan pengujian agregat kasar

Pengujian	Hasil pengujian	Satuan
Berat jenis	2,64	-
Penyerapan air	1,79	%
Kadar air	1,84	%
Kadar lumpur	1,80	%
Berat satuan	1,45	gr/cm ³
Keausan agregat	18,89	%

b. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Progo)

1) Berat Jenis dan Penyerapan Air

Hasil pengujian berat jenis jenuh kering muka dan penyerapan air rata-rata dari sembilan benda uji pasir progo berturut-turut sebesar 2,68% dan 10,87%. Berdasarkan berat jenisnya, agregat dibagi menjadi tiga jenis yaitu agregat ringan dengan berat jenis kurang dari 2,0, agregat normal dengan berat jenis antara 2,5-2,7, dan agregat berat dengan berat jenis lebih dari 2,8 (Tjokrodinuljo,2010). Jadi

pasir Progo yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam agregat normal. Hasil lengkap pengujian ini ada pada Lampiran 6.

2) Kadar Air

Hasil pengujian kadar air pada penelitian ini didapat dari nilai kadar air rata-rata sembilan benda uji yaitu sebesar 3,03%. Menurut Tjokrodinuljo (2010), kondisi benda uji termasuk ke dalam kondisi kering muka dan kondisi kering udara karena butiran agregat mengandung sedikit air yang masuk ke dalam porinya. Hasil lengkap pengujian ini ada pada Lampiran 7.

3) Kadar Lumpur

Pasir Progo yang digunakan pada pengujian ini memiliki nilai kadar lumpur 4,78%. Berdasarkan SK SNI-S-1989-F (Badan Standarisasi Nasional,1989) agregat yang akan digunakan dalam pembuatan beton sebaiknya memiliki kadar lumpur sekecil mungkin. Nilai kadar lumpur yang didapat pada pengujian ini lebih kecil dari batas yang ditetapkan untuk beton normal yaitu 5%. Jadi pasir progo yang digunakan pada penelitian ini sudah bersih dan tidak perlu dilakukan pencucian sebelum digunakan sebagai bahan pembuat beton. Hasil lengkap pengujian ini ada pada Lampiran 8.

4) Berat Satuan

Hasil pengujian berat satuan pasir progo pada penelitian ini sebesar 1,47 gram/cm³. Semakin besar nilai berat satuan yang didapatkan, berarti semakin mampat agregat yang digunakan. Jika agregat yang digunakan mampat maka akan mempermudah terjadinya penurunan kuat tekan beton (Mulyono, 2004). Secara lengkap, hasil pengujian ini ada pada Lampiran 9.

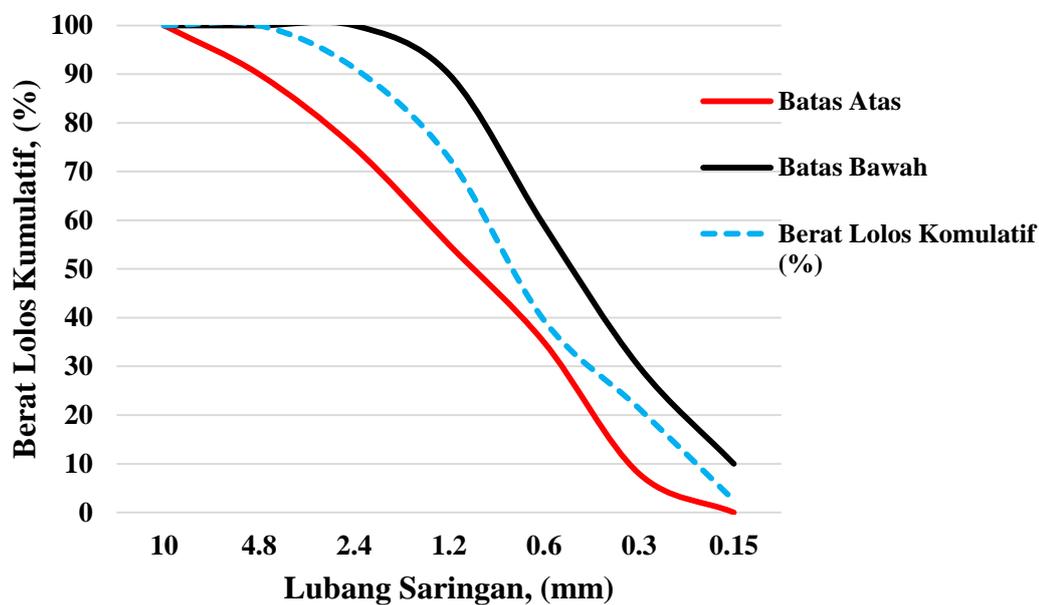
5) Analisis Gradasi Butiran

Hasil analisis gradasi butiran pada benda uji pasir Progo yang digunakan dalam pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 4.2. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (1990), gradasi yang didapatkan dari pengujian termasuk ke dalam daerah 2 yang merupakan pasir agak kasar. Dari pengujian ini juga didapat Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,725. Nilai tersebut termasuk ke dalam jenis agregat normal dan juga masuk ke dalam persyaratan sebagai agregat penyusun beton normal dengan nilai MHB antara 1,5 - 3,8 (Tjokrodinuljo,2007). Selain itu, pasir yang digunakan dalam pengujian termasuk dalam Daerah 2 karena

masuk di antara batas atas dan batas bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Tabel 4. 2. Hasil analisis gradasi butiran Pasir Progo

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persen Berat Tertahan (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Kumulatif Lolos (%)
4	4,8	0	0	0	100
8	2,4	87	8,7	8,7	91,3
16	1,2	185	18,5	27,2	72,8
30	0,6	333	33,3	60,5	39,5
50	0,3	181	18,1	78,6	21,4
100	0,15	189	18,9	97,5	2,5
PAN	-	25	2,5	100	0
Jumlah		1000	100	372,5	Daerah 2



Gambar 4. 1. Hubungan berat lolos kumulatif dan lubang saringan pada analisis gradasi agregat halus

Secara keseluruhan, hasil pengujian agregat halus ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Hasil keseluruhan pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
Berat Jenis	2,68	-
Penyerapan Air	10,87	%
Kadar Air	3,03	%
Kadar Lumpur	4,78	%
Berat Satuan	1,47	gr/cm ³
Gradasi Butiran	Daerah 2	-
Modulus Halus Butir	3,725	-

4.2. Hasil Perancangan *Mix Design*

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 (Badan Standarisasi Nasional, 2000) tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, hasil perhitungan kebutuhan masing-masing material penyusun beton untuk setiap volume benda uji 1 m³ ditunjukkan pada Tabel 4.4. Sedangkan kebutuhan material untuk tiap satu volume cetakan beton kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 4. Hasil kebutuhan masing-masing material tiap 1 m³ benda uji

Jenis Material	Jumlah kebutuhan	Satuan
Kerikil Clereng	1028,86	kg
Pasir Progo	714,97	kg
Air	205,00	liter
Semen	436,17	kg
Total	2385,00	kg

Tabel 4. 5. Kebutuhan material penyusun beton satu benda uji (0,003375 m³)

Jenis Material	Jumlah kebutuhan	Satuan
Kerikil Clereng	3,82	kg
Pasir Progo	2,65	kg
Air	0,76	liter
Semen	1,62	kg

Total	8,85	kg
-------	------	----

4.3. Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* pada penelitian ini dilakukan sebanyak 6 (enam) kali karena dilakukan 6 (enam) kali pengadukan beton. Nilai rata-rata pengujiannya sebesar 13,67 cm. Hasil ini memenuhi persyaratan nilai *slump* beton untuk jenis pekerjaan pelat, balok, kolom dan dinding yaitu antara 7,5-15 cm. Berikut merupakan hasil keenam pengujian *slump* yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4. 6. Hasil lengkap pengujian *slump*

Pengujian	Hasil (cm)
<i>Slump</i> 1	14,9
<i>Slump</i> 2	12,8
<i>Slump</i> 3	12,9
<i>Slump</i> 4	14,3
<i>Slump</i> 5	12,6
<i>Slump</i> 6	14,5
<i>Slump</i> rata-rata	13,67

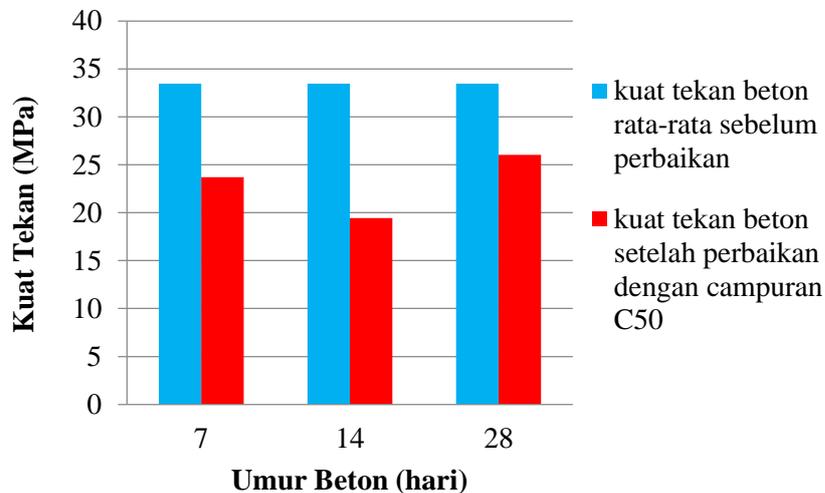
4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil uji tekan beton sebelum dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan bahan *grouting* variasi C50 dengan kandungan *fly ash* sebanyak 50 gram dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.2.

Tabel 4. 7. Hasil kuat tekan beton perbaikan dengan bahan variasi C50

Kode	Hasil Uji Sebelum Diperbaiki			Hasil Uji Setelah Diperbaiki			Perbaikan Kekuatan Beton
	P.max	fc' umur	Rata-rata	P.max	fc' umur	Rata-rata	
TA 6	33.50	28 hari	33.45	22.36	28 hari		
TA 7	34.14	28 hari		29.20	28 hari	26.02	77.79%
TA 8	35.04	28 hari		26.51	28 hari		
TA 36	33.60	28 hari		28.35	14 hari		
TA 37	31.02	28 hari		14.16	14 hari	19.43	58.08%
TA 42	28.97	28 hari		15.79	14 hari		

TA 77	36.55	28 hari	25.94	7 hari		
TA 78	33.37	28 hari	20.12	7 hari	23.71	70.88%
TA 79	34.89	28 hari	25.07	7 hari		



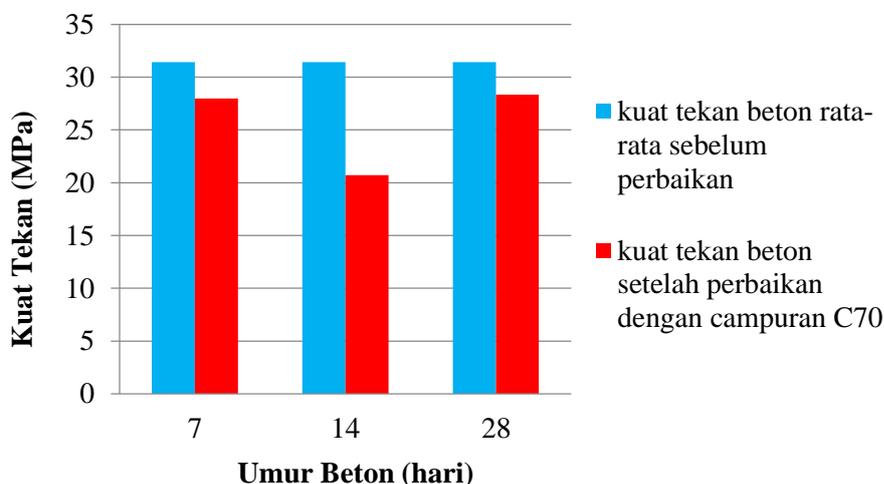
Gambar 4. 2. Perbandingan kuat tekan beton rata-rata dan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah perbaikan.

Hasil kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari sebelum dilakukan perbaikan sebesar 33,45 MPa. Setelah diperbaiki dengan bahan *grouting* variasi C50 kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari adalah 23,71 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 70,88% dari kekuatan awal. Pada umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 19,43 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 58,08% dari kekuatan awal. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata sebesar 26,02 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 77,79% dari kekuatan awal.

Tabel 4. 8. Hasil kuat tekan beton perbaikan dengan bahan variasi C70

Kode	Hasil Uji Sebelum Diperbaiki			Hasil Uji Setelah Diperbaiki			Perbaikan Kekuatan Beton
	P.max	fc' umur	Rata-rata	P.max	fc' umur	Rata-rata	
TA 15	34.26	28 hari		29.03	28 hari		
TA 16	31.24	28 hari		29.37	28 hari	28.34	90.18%
TA 17	28.46	28 hari		26.62	28 hari		
TA 49	31.37	28 hari	31.42	22.64	14 hari		
TA 50	32.14	28 hari		18.51	14 hari	20.71	65.92%
TA 51	26.81	28 hari		20.98	14 hari		

TA 84	31.52	28 hari	30.49	7 hari		
TA 85	33.96	28 hari	28.05	7 hari	27.99	89.06%
TA 90	33.02	28 hari	25.41	7 hari		



Gambar 4. 3. Perbandingan kuat tekan beton rata-rata dan kuat tekan beton umur 7 hari,14 hari, dan 28 hari setelah perbaikan.

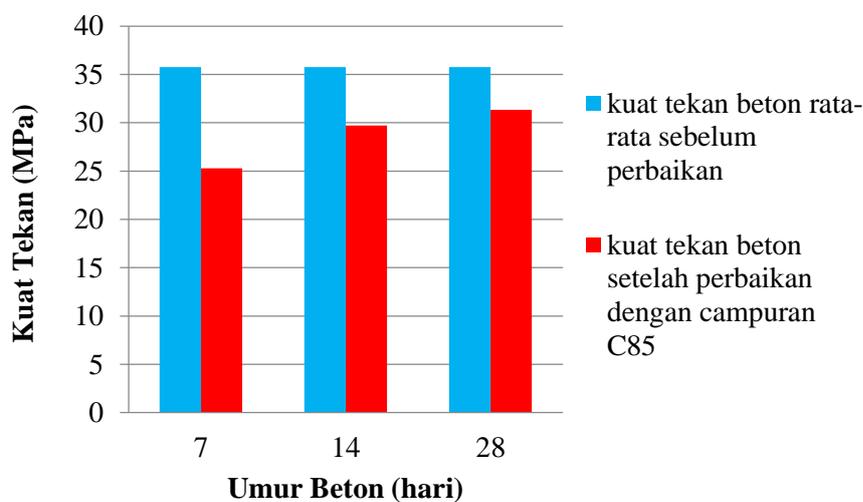
Hasil kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari sebelum dilakukan perbaikan sebesar 31,42 MPa. Setelah diperbaiki dengan bahan *grouting* variasi C70 kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari adalah 27,99 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 89,06% dari kekuatan awal. Pada umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 20,71 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 65,92% dari kekuatan awal. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata sebesar 28,34 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 90,18% dari kekuatan awal. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.3 di atas.

Hasil kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari sebelum dilakukan perbaikan sebesar 35,76 MPa. Sedangkan, setelah diperbaiki dengan bahan *grouting* variasi C85 kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari adalah 25,30 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 70,75% dari kekuatan awal. Pada umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 29,72 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 83,12% dari kekuatan awal. Sedangkan pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata sebesar 31,35 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 87,66% dari kekuatan awal. Pengujian kuat tekan beton sebelum dilakukan perbaikan dan

setelah dilakukan perbaikan dengan bahan *grouting* variasi C85 kandungan *fly ash* 85 gram hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.4.

Tabel 4. 9. Hasil kuat tekan beton perbaikan dengan bahan variasi C85

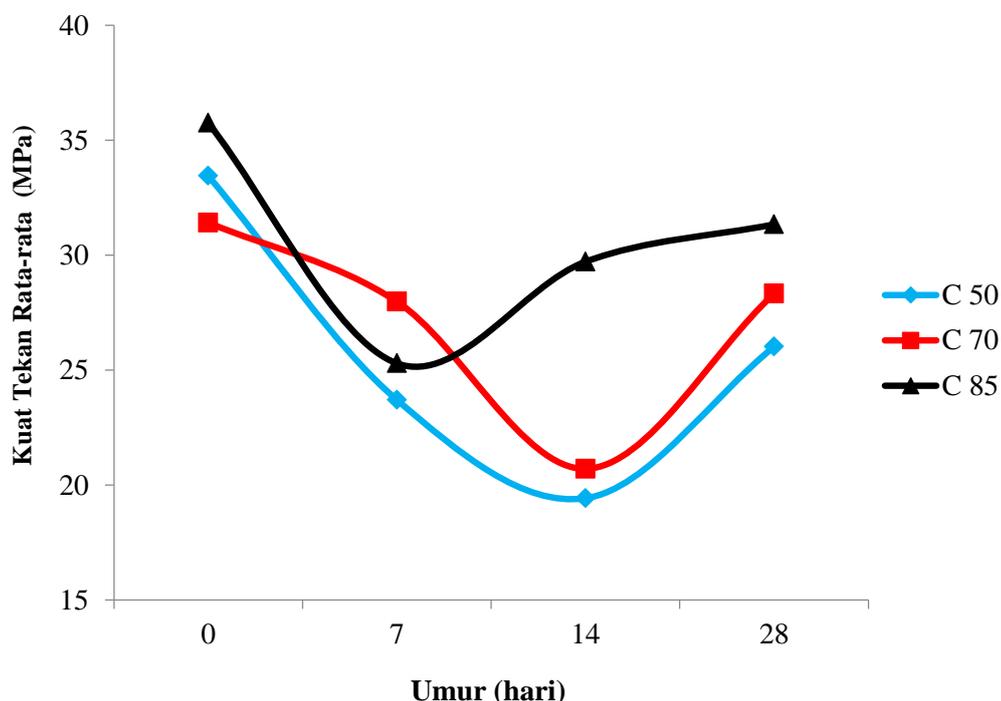
Kode	Hasil Uji Sebelum Diperbaiki			Hasil Uji Setelah Diperbaiki			Perbaikan Kekuatan Beton
	P.max	fc' umur	Rata-rata	P.max	fc' umur	Rata-rata	
TA 27	35.06	28 hari		34.91	28 hari		
TA 28	35.69	28 hari		27.85	28 hari	31.35	87.66%
TA 29	34.39	28 hari		31.28	28 hari		
TA 58	33.23	28 hari		31.22	14 hari		
TA 59	37.18	28 hari	35.76	21.54	14 hari	29.72	83.12%
TA 60	34.94	28 hari		36.40	14 hari		
TA 61	35.84	28 hari		25.31	7 hari		
TA 76	37.05	28 hari		21.41	7 hari	25.30	70.75%
TA 89	38.44	28 hari		29.17	7 hari		



Gambar 4. 4. Perbandingan kuat tekan beton rata-rata dan kuat tekan beton umur 7 hari,14 hari, dan 28 hari setelah perbaikan.

Kuat tekan rata-rata keseluruhan yang didapatkan dari pengujian kemudian disajikan dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan beton dengan umur beton setelah perbaikan seperti pada Gambar 4.5. Hasil kuat tekan rata-rata beton berumur 28 hari sebelum dilakukan perbaikan dengan kuat tekan rata-rata beton

umur 28 hari setelah dilakukan perbaikan dengan bahan *grouting* variasi C50 mengalami penurunan sebesar 7,43 MPa, yaitu dari 33,45 MPa menjadi 26,02 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 77,79% dari kekuatan awal. Kemudian pada variasi C70 mengalami penurunan sebesar 3,08 MPa, yaitu dari 31,42 MPa menjadi 28,34 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 90,18% dari kekuatan awal. Pada variasi C85 juga mengalami penurunan sebesar 4,41 MPa dari 35,76 MPa menjadi 31,35 MPa atau nilai kuat tekan setelah perbaikan menjadi 87,66% dari kekuatan awal.



Gambar 4. 5. Hubungan kuat tekan rata-rata dan umur beton setelah perbaikan

Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan rata-rata dan umur beton setelah perbaikan di atas, diantara tiga variasi campuran bahan *grouting* yang digunakan, variasi C85 dengan komposisi resin 200 ml, *catalyst* 3 ml dan *fly ash* 85 gram merupakan variasi bahan *grouting* yang paling optimal untuk perbaikan beton karena menghasilkan perbaikan kekuatan beton yang makin bertambah seiring bertambahnya umur beton setelah perbaikan dan kekuatan beton dapat dikembalikan hingga 87,66% dari kekuatan beton semula pada umur 28 hari setelah perbaikan.

4.5. Perbandingan Hasil Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya oleh Helmi (2009) dengan judul Perbaikan Balok Beton Bertulang yang Telah Mengalami Beban Puncak dengan Baja Siku didapatkan hasil kekuatan balok menurun dari kekuatan awal sebesar 19%, sedangkan pada penelitian Analisis Perbaikan Kekuatan Beton dengan Metode *Grouting* Menggunakan Variasi Bahan Tambah Resin dan *Fly Ash* ini didapatkan hasil paling optimal kekuatan beton dapat dikembalikan mencapai 90,18%, atau mengalami penurunan 9,82% dari kekuatan awal. Dapat disimpulkan bahwa metode yang dilakukan pada penelitian ini lebih efektif dalam perbaikan beton.

Hasil penelitian Analisis Perbaikan Kekuatan Beton dengan Metode *Grouting* Menggunakan Variasi Bahan Tambah Resin dan *Fly Ash* ini menguatkan hasil penelitian oleh Ervianto dkk, (2016) dengan judul Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abu Terbang (*Fly Ash*) dan Zat Aditif (*Bestmittel*) dan penelitian oleh Umboh dkk, (2014) berjudul Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton yang menyimpulkan bahwa semakin besar kadar penggunaan abu terbang (*fly ash*) maka semakin besar nilai kuat tekan beton, tetapi jika terlalu besar kadar *fly ash* yang digunakan, kuat tekan beton menurun.

Selain itu, penelitian Analisis Perbaikan Kekuatan Beton dengan Metode *Grouting* Menggunakan Variasi Bahan Tambah Resin dan *Fly Ash* ini juga menguatkan kesimpulan yang didapatkan dari 2 (dua) penelitian sebelumnya tentang pengaruh penggunaan resin dalam hal meningkatkan kuat tekan beton, yaitu penelitian Sifat Fisik dan Mekanik Beton Polimer dengan Variasi Poliester Resin 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% oleh Putra (2013) dan penelitian oleh Rayhan (2014) dengan judul Pengaruh Zat Aditif Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Beton Polimer Resin. Hal yang lebih baik pada penelitian ini adalah dengan dikuatkannya kesimpulan dari penelitian terdahulu di atas namun dengan digunakan pada perbaikan beton sedangkan pada penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan penyusun beton.