

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN RESIN PADA AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON

Bunga Sri Puspitasari, Muh Alwi Umar
Sri Tadjono *), Ilham Nurhuda

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

ABSTRAK

Kuat tekan beton selain dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusunnya, juga dipengaruhi oleh kekuatan pada zona / daerah yang berada disekitar agregat atau disebut dengan *interfacial transition zone* (ITZ). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan resin pada agregat kasar terhadap kekuatan beton. Pengujian yang dilakukan antara lain uji *pull off*, geser, dan kuat tekan beton. Bahan tambahan yang digunakan berupa variasi campuran resin polyester tak jenuh (*unsaturated polyester resin*) dengan spiritus dengan komposisi resin : spiritus = 1:0, 1:0.25, 1:0.5, dan 1:1.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua benda uji yang menggunakan bahan resin menghasilkan nilai yang lebih rendah bila dibandingkan dengan benda uji tanpa diberi resin. Pada pengujian kuat tekan beton, benda uji dengan agregat yang diberi resin menghasilkan kuat tekan sebesar 16.26 MPa dan 3.14 MPa, sedangkan kuat tekan beton normal (tanpa resin) adalah sebesar 29.99 MPa.

Kata kunci : Resin, ITZ, Kuat tekan.

ABSTRACT

It is well known that compressive strength of concrete is affected by the strength of the constituent materials and the strength of interfacial transition zone (ITZ). This research aimed at investigating the influence of the addition of resin on coarse aggregates on the strength of concrete. The resin investigated in this research was unsaturated polyester resin. The resin was combined with methanol with different composition of 1:0; 1:0.25; 1:0.5; and 1:1. The tests conducted in this investigation were pull off test, shear test and compression test.

Test results show that all specimens with resin exhibit lower strength values compared to specimens with no resin. The compressive strength of concrete silinders with resin coated aggregates were obtained to be 16.26 MPa and 3.14 MPa, while the compressive strength of normal concrete (with no resin) was 29.99 MPa.

Keywords: Resin, ITZ, compressive strength.

*) Penulis korespondensi, Email: tudjono@gmail.com

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton terkenal dengan kekuatannya yang mampu menahan gaya tekan. Selain itu beton juga memiliki keawetan, mudah dalam pengerjaan dan dapat dibentuk sesuai dengan desain atau rancangannya. Kekuatan, keawetan maupun sifat beton lainnya tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, cara penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Secara umum beton mempunyai nilai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan kuat tekannya. Baik dari kuat tekan beton maupun dari kuat tarik beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan penyusun serta lekatan pasta semen pada agregat. Lekatan antara agregat kasar terhadap pasta semen merupakan salah satu hal yang mempengaruhi mutu beton, lekatan ini disebut dengan *Interfacial Transition Zone (ITZ)*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh C. C. Kao dan F. O. Slate dalam kaitannya dengan kekuatan dan kegagalan dari *interface*, hasilnya menunjukkan bahwa semua spesimen yang gagal terjadi karena patahan disepanjang *interface* mortar-agregat.

Menurut Larbi saat ini, belum ada metode yang sederhana untuk memprediksi berapa banyak perbaikan yang dapat dibuat dalam kinerja keseluruhan beton melalui perbaikan dari *Interfacial Transition Zone (ITZ)*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Adiwidia dalam upaya memperbaiki zona antar muka, belum menunjukkan hasil yang diharapkan dalam kaitannya dengan peningkatan kekuatan pada beton.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian mengenai kuat lekatan dan geser agregat terhadap mortar dimana agregat kasar (batu *split*) dilapisi dengan resin, serta kuat tekan beton yang dihasilkan setelah agregat kasar pada beton diberi resin. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat menghasilkan kuat tekan beton yang lebih baik.

Maksud dan Tujuan

1. Mengetahui besarnya kekuatan lekatan agregat kasar (batu *split*) yang diberi resin terhadap mortar, dengan uji kuat cabut (*Pull off test*) dan uji geser.
2. Mengetahui nilai kuat tarik normal dari *Interfacial Transition Zone (ITZ)* dengan uji *Pull off test*.
3. Mengetahui nilai kuat geser dari *Interfacial Transition Zone (ITZ)* dengan uji geser.
4. Mengetahui korelasi hubungan antara kuat lekat dengan variasi jumlah resin dan geser agregat kasar terhadap mortar
5. Mengetahui rasio perbandingan antara nilai kuat tekan antara beton normal dengan beton yang telah diberi resin.

Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini, antara lain:

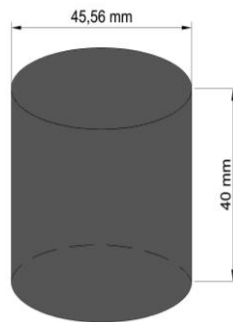
1. Penelitian ini menggunakan material agregat kasar yang berasal dari Puduk Payung, agregat halus berasal dari Muntilan, semen OPC tipe 1 dengan merk semen Gresik dan *superplasticizer*, dari produk SIKA *viscocrete 10*.
-

2. Jenis resin yang dipakai adalah *Unsaturated polyester resin* beserta katalis dan hardener produk dari PT. Justus Kimia Raya. *Unsaturated polyester resin* terbuat dari reaksi polimerisasi antara asam *dikarboksilat* dengan *glikol*. Polimer dilarutkan dalam monomer reaktif seperti *styrene* untuk menghasilkan cairan dengan *viskositas* rendah. Ketika mengering, monomer bereaksi dengan ikatan tak jenuh pada polimer dan berubah menjadi struktur termoset padat. Jenis resin ini memiliki nilai *adhesi* sebesar 100 psi.

METODOLOGI PENELITIAN

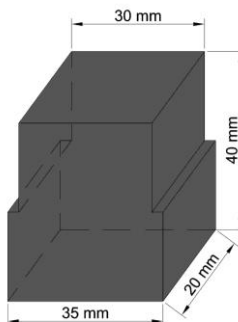
Adapun metodologi dalam penelitian ini, antara lain:

1. Persiapan benda uji untuk kuat lekatan, dengan membuat benda uji agregat kasar berbentuk silinder berukuran diameter 45,56 mm (*core drill*), seperti pada gambar 1. Pemasangan benda uji agregat berada pada posisi bawah cetakan mortar. Bagian permukaan agregat kasar diolesi dengan variasi campuran resin sebelum dilekatkan dengan mortar (*ASTM C 33/03*, 2003). Total jumlah benda uji lekatan sebanyak 15 buah.



Gambar 1. Benda uji batu agregat berbentuk silinder

2. Cara pengujian untuk kuat lekatan yaitu dengan mencabut agregat dari mortar sampai terlepas. Pengujian kuat lekatan dilakukan dengan kontrol waktu menggunakan alat uji cabut *Proceq EDM electromotor* (*ASTM C 900 – 01*, 2003 dan *ASTM C 190-59*).
3. Hasil dari pengujian kuat lekatan akan didapatkan data berupa nilai *load*/beban dan *displacement*/jarak perpindahan. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan dengan *displacement*.
4. Persiapan benda uji untuk geser yaitu, membuat benda uji agregat kasar sesuai dengan mal menggunakan alat gerinda, seperti pada gambar 2. Bagian permukaan benda uji agregat pada sisi bagian kanan dan kiri yang akan melekat pada mortar terlebih dahulu diberi resin. Total jumlah benda uji geser sebanyak 6 buah.



Gambar 2. Benda uji batu agregat untuk uji geser

5. Cara pengujian untuk geser yaitu dengan menekan agregat kebawah sampai terlepas dari mortar. Pengujian geser dilakukan dengan kontrol waktu menggunakan alat uji tekan HT-8391 PC (*computer-control servo hydraulic concrete compression testing machine*).
6. Hasil dari pengujian geser akan didapatkan data berupa nilai *load*/beban dan *displacement*/jarak perpindahan. Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan dengan *displacement*.
7. Persiapan benda uji untuk kuat tekan, mempersiapkan tiga jenis agregat kasar yaitu agregat kasar biasa, agregat kasar dilapisi dengan resin dan agregat kasar yang dilapisi resin dan pasir. Proses pembuatan untuk ketiga jenis agregat sama, mencampur masing-masing jenis agregat dengan bahan-bahan lain seperti pasir, semen dan air kedalam mesin *mixer*, kemudian dimasukkan kedalam cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Total jumlah benda uji kuat tekan sebanyak 9 buah.
8. Cara pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menekan benda uji silinder sampai mengalami kehancuran. Pengujian kuat tekan menggunakan alat *compression test* (*ASTM C 39/C 39M-05*, 2005).
9. Hasil dari pengujian kuat tekan akan didapatkan data berupa nilai *load*/beban dan *displacement*/jarak perpindahan. Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan dengan regangan.
10. Pengujian perubahan resin dilakukan dengan cara mengamati perubahan kekerasan resin secara periodik. Pengamatan resin mulai dilakukan setelah pencampuran antara resin dan katalis dengan perbandingan 10 cc : 1 cc.

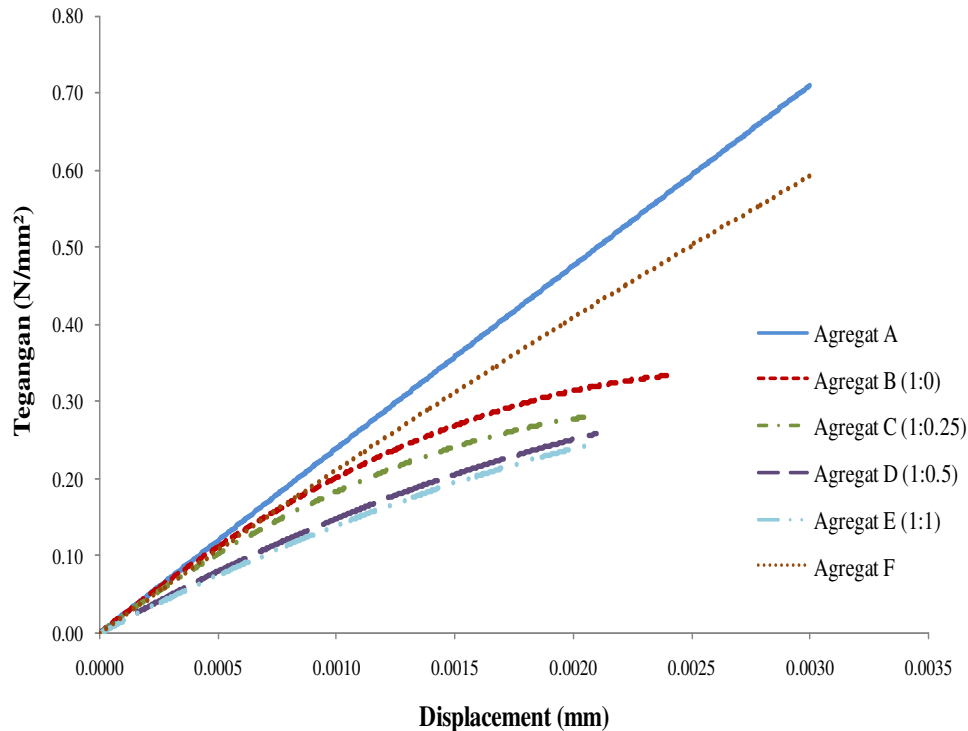
HASIL DAN ANALISA DATA

1. Pengujian Lekatan Agregat Terhadap Mortar

Pendekatan perhitungan yang dilakukan untuk menggambarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu dengan mengolah data secara statistik yang dimaksudkan untuk melihat hasil pengujian data melalui pengujian langsung dilaboratorium dengan kaidah-kaidah statistik (*Mulyono, 2004*). Pengolahan data, menggunakan program MS. Excel.

Tabel 1. Nilai kuat lekatan agregat-mortar

No	Jenis Permukaan Agregat	Kuat Lekatan Maksimum Agregat-Mortar (Mpa)
1	Tanpa Resin	0.59
2	Resin dan spiritus (1:0)	0.34
3	Resin dan spiritus (1:0.25)	0.25
4	Resin dan spiritus (1:0.5)	0.22
5	Resin dan spiritus (1:1)	0.21
6	Agregat dan Resin	0.5



Gambar 3. Grafik hubungan Tegangan-Displacement pengujian lekatan antara agregat dengan mortar

Ket :

- Agregat A: Permukaan agregat tanpa dilapisi resin
- Agregat B: Permukaan agregat dilapisi resin dan spiritus (1:0)
- Agregat C: Permukaan agregat dilapisi resin dan spiritus (1:0.25)
- Agregat D: Permukaan agregat dilapisi resin dan spiritus (1:0.5)
- Agregat E: Permukaan agregat dilapisi resin dan spiritus (1:1)
- Agregat F: Pengujian agregat dengan resin

Dari tabel 1 dan gambar 3, dapat diketahui bahwa kuat lekatan yang paling tinggi dicapai oleh agregat yang permukaannya tanpa diberi resin dengan nilai kuat lekatannya sebesar 0.59 MPa. Kuat lekatan antara agregat dan resin saja menghasilkan nilai lekatan sebesar 0.5 MPa, lebih rendah bila dibandingkan dengan kuat lekatan antara agregat dengan mortar. Sedangkan untuk nilai kuat lekatan yang paling rendah dimiliki oleh agregat yang telah diberi resin dan spiritus dengan perbandingan 1:1 sebesar 0.21 Mpa. Hasil pengujian *pull off test* menunjukkan semakin cair resin semakin kecil juga lekatan antara mortar dengan agregat. Hal ini mungkin dapat disebabkan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Kekuatan ikat semen yang ada pada mortar segar tidak bisa bereaksi dengan resin dan spiritus, sehingga akan memperlemah faktor kuat lekat mortar pada agregat.
2. Perbandingan antara resin dan spiritus, semakin banyak proporsi spiritus, campuran resin dan spiritus akan semakin encer, sehingga faktor kuat lekatannya juga akan semakin melemah.

2. Pengujian Kuat Geser

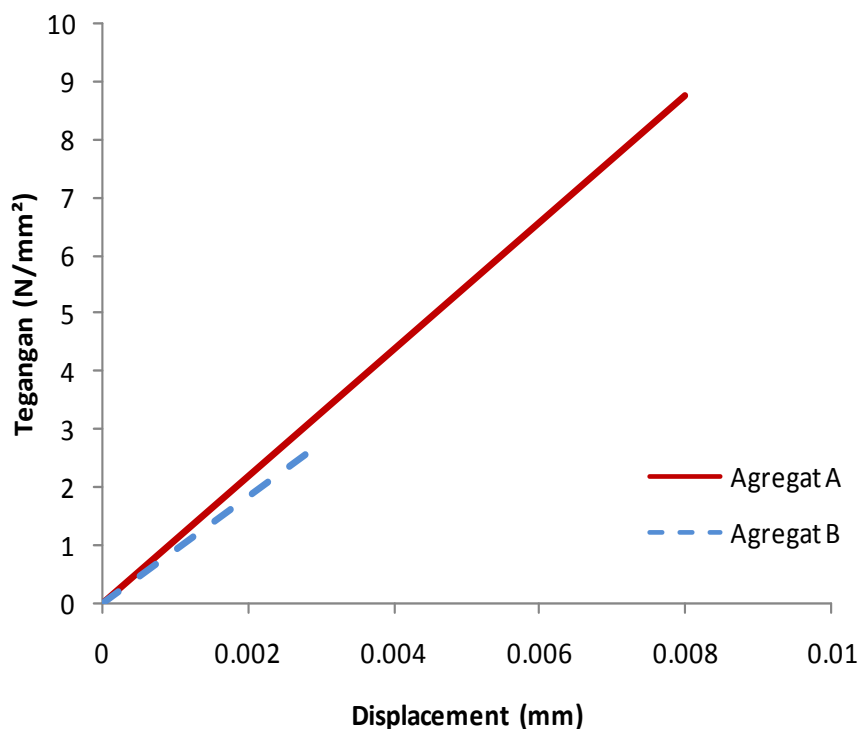
Hasil pengujian geser untuk agregat yang tidak diberi resin maupun yang diberi resin dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji geser antara agregat dengan mortar

No	Benda Uji Agregat	Tegangan (N/mm ²)	Displacement (mm)
1	Tidak diberi resin	8.618	0.008367
2	Diberi resin	2.795	0.003093

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai tegangan geser dari agregat yang dilapisi resin sebesar 2.795 MPa, nilai ini lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai tegangan geser dari agregat yang tidak dilapisi dengan resin sebesar 8.618 MPa.

Dari hasil grafik hubungan tegangan dan *displacement* untuk setiap benda uji, dapat dibuat grafik hubungan tegangan *displacement* dengan menggunakan pendekatan modulus tangent awal (*initial modulus tangent*). Grafik hasil uji geser adalah dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Grafik gabungan Tegangan dan *Displacement* pengujian geser antara agregat dengan mortar

Ket :

Agregat A : Permukaan agregat tanpa dilapisi resin

Agregat B : Permukaan agregat dilapisi resin dan spiritus (1:0)

Dari gambar 4 menunjukkan bahwa benda uji agregat kasar yang diberi resin pada bidang kontak dengan mortar memiliki nilai tegangan lebih rendah bila dibandingkan dengan agregat kasar yang tidak diberi resin. Hal tersebut mungkin dapat terjadi dikarenakan agregat kasar yang diberi resin tidak melekat pada mortar tetapi membentuk suatu lapisan yang membuat permukaan agregat menjadi licin, sehingga gaya gesernya menjadi kecil.

3. Pengujian Kuat Tekan Beton

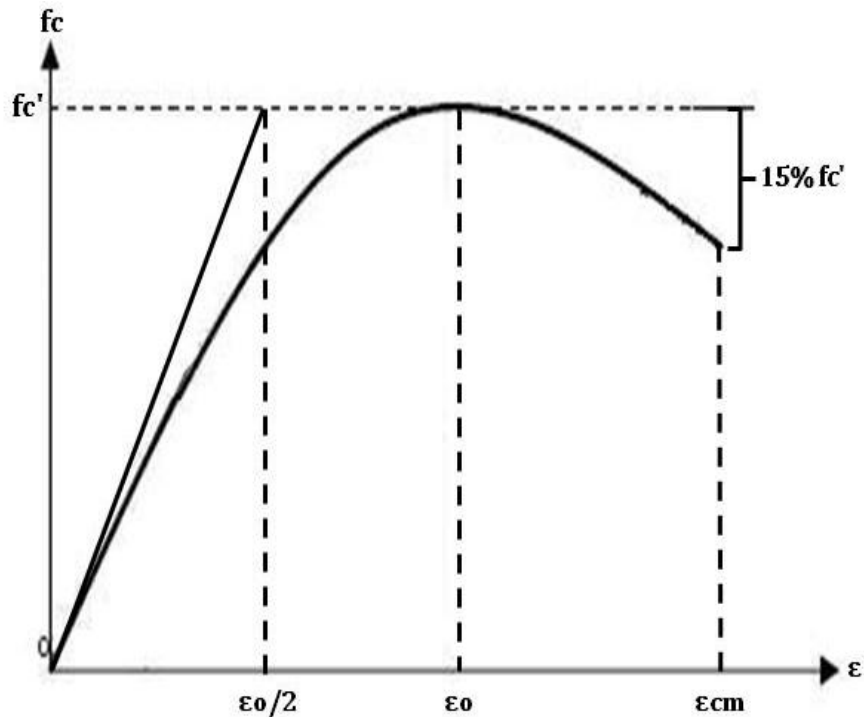
Tabel 3. Hasil uji kuat tekan beton

No	Jenis Beton	Kuat Tekan Beton (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
1	Beton dibuat dengan menggunakan agregat kasar, tanpa dilapisi dengan resin	34.59	29.99
2		31.26	
3		24.15	
4	Beton dibuat dengan menggunakan agregat kasar yang permukaannya dilapisi dengan resin	4.11	3.14
5		2.82	
6		2.51	
7	Beton dibuat dengan menggunakan agregat kasar yang permukaannya dilapisi dengan resin dan pasir	15.27	16.26
8		15.68	
9		17.58	

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan dari beton resin sebesar 3.14 MPa, nilai ini lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal sebesar 29.99 MPa. Hal yang sama juga terjadi pada nilai kuat tekan beton resin dengan cara pembuatan yang berbeda, nilai kuat tekan-nya lebih rendah sebesar 16.26 MPa bila dibandingkan dengan beton normal. Berdasarkan hasil tersebut juga membuktikan bahwa penambahan resin pada beton tidak berpengaruh kuat tekan pada beton.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk ketiga jenis beton, akan didapatkan data berupa *load*/beban dan *displacement*/jarak perpindahan. Kemudian dari data tersebut dihitung sehingga menghasilkan nilai berupa f_c' dan ϵ_o . Pengolahan data dilakukan untuk setiap jenis beton. Dari kedua data yang diperoleh f_c' dan ϵ_o , dapat dihitung nilai E_c . Kemudian dari nilai-nilai yang telah dihitung dapat dibuat grafik hubungan tegangan-regangan menggunakan pendekatan model persamaan *E. Hognestad* yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Pembuatan grafik hubungan tegangan-regangan berdasarkan model persamaan *E. Hognestad* yaitu, dengan cara memasukan nilai-nilai f_c' , ϵ_o dan E_c kedalam formulasi yang digunakan oleh *Hognestad*, dimana grafik tersebut akan menggambarkan tegangan tekan beton sebagai fungsi regangan tekan beton.



Gambar 5. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan pada Beton yang diusulkan oleh *E. Hognestad*

- Untuk daerah $\epsilon_c \leq \epsilon_0$

$$f_c = f_c' \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_0} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right] \text{ MPa} \quad ; \quad \epsilon_0 = \frac{2 f_c'}{E_c} \quad (1)$$

- Untuk daerah $\epsilon_0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cm}$

$$f_c = f_c' \left[1 - 0.15 \frac{(\epsilon_c - \epsilon_0)}{(\epsilon_{cm} - \epsilon_0)} \right] \text{ MPa} \quad (2)$$

Dimana :

f_c = tegangan pada beton

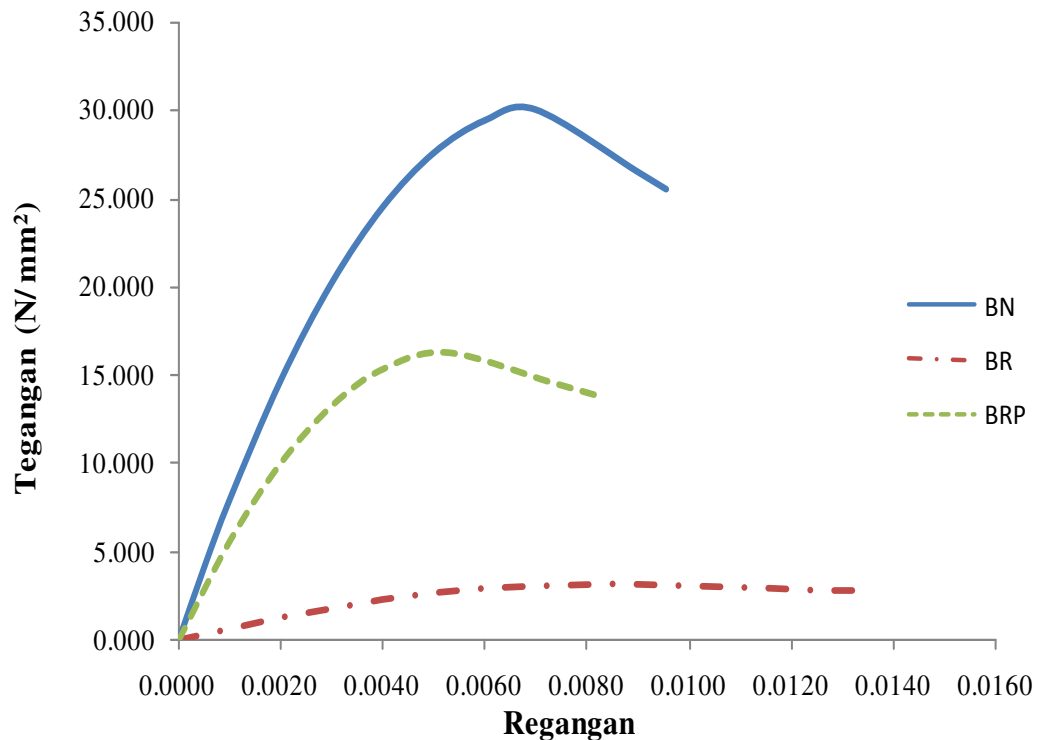
f_c' = tegangan maksimum beton

ϵ_0 = regangan yang terjadi pada saat tegangan maksimum

ϵ_c = regangan pada beton

ϵ_{cm} = regangan saat beton hancur

Pada daerah $\epsilon_0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cm}$, persamaan hubungan tegangan regangannya merupakan persamaan linier yang bergantung pada nilai ϵ_0 dan f_c' . Regangan yang digunakan merupakan regangan maksimum pada saat beton mengalami keruntuhan. Dengan pemodelan *Hognestad* didapatkan grafik gabungan kuat tekan untuk setiap benda uji, seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan kuat tekan beton normal, beton resin dan beton resin + pasir

Ket :

BR = Beton Resin

BN = Beton Normal

BRP = Beton Resin + Pasir

Berdasarkan gambar 6 dapat diketahui bahwa grafik beton dengan menggunakan resin memiliki kuat tekan paling rendah bila dibandingkan dengan beton normal dan beton resin ditambah pasir. Selain itu pada beton resin dan beton normal, memiliki kesinambungan dengan pengujian lekatan antara agregat kasar (batu *split*) terhadap mortar (*pull off test*). Hasil pada pengujian lekatan antara agregat kasar (batu *split*) terhadap mortar dimana pada permukaan agregat kasar diberi resin, menunjukkan nilai yang lebih rendah sebesar 0.34 MPa dibandingkan dengan lekatan antara agregat dengan mortar tanpa diberi resin sebesar 0.59 Mpa.

KESIMPULAN

1. Pengujian *pull off test* antara permukaan agregat yang diberi resin dan spiritus dengan variasi 1:0 ; 1:0.25; 1:0.5; 1:1 semuanya menghasilkan nilai kuat lekatan yang lebih rendah, bila dibandingkan dengan hasil *pull off test* dimana permukaan tidak diberi resin.
2. Pemberian variasi resin dan spiritus (1:0; 1:0.25; 1:0.5; 1:1) menghasilkan penurunan nilai kuat lekatan antara agregat dengan mortar, semakin cair campuran resin dengan spiritus yang diolesi pada permukaan agregat, maka semakin lemah nilai kuat lekatannya.
3. Pada pengujian *pull off test* nilai kuat lekatan antara agregat dengan resin masih lebih tinggi, bila dibandingkan dengan agregat yang telah dilapisi resin dengan mortar.
4. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan metode melapisi permukaan agregat kasar

dengan resin dan pasir, memiliki nilai kuat tekan lebih kecil dibandingkan beton normal, tetapi lebih tinggi bila dibandingkan kuat tekan beton dengan metode melapisi agregat kasar dengan resin.

5. Antara pengujian *pull off test* dengan pengujian kuat tekan beton terdapat kesinambungan, semakin tinggi nilai pada pengujian *pull off test*, semakin tinggi pula nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.
6. Hasil pengujian geser pada agregat yang tidak dilapisi resin memiliki nilai geser lebih tinggi bila dibandingkan dengan agregat yang pada permukaannya dilapisi resin.
7. Bahan resin yang digunakan dapat larut dengan spiritus namun tidak dapat larut dengan air. Hal tersebut yang mungkin menyebabkan kurang bereaksinya antara semen dan air sehingga menghalangi ikatan antara semen dengan agregat kasar dan halus.
8. *Adhesi* antara mortar dengan permukaan *split*, setelah mengeras lebih tinggi bila dibandingkan dengan *adhesi* antara resin dengan permukaan *split*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33/03, 2003, "*Standard Specification for Concrete Aggregates*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C 39/C 39M-05, 2005, "*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*". Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C 900 – 01, 2003, "*Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete*". Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C 190-59 (*Method of Test for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars*) . Annual Books of ASTM Standards, USA.
- F Mehta, P.Kumar dan Paulo J. M. 1993. "*Concrete : Microstructure, Properties, and Materials*". USA : The McGraw-Hill.
- C.C. Kao dan F.O. Slate., 1976. "*Tensile – Shear Bond Strength and Failure Between Aggregate and Mortar*". ACI Material Journal.
- Jurnal Adiwidia, 2009. "Studi Pengaruh Penambahan Polimer Pada Beton Mutu Tinggi". Jakarta. PDII-LIPI
- J.A. Larbi., 1991. "*Materials Science Group*". Technical University of Delft Netherlands
- Gemert Van, L. Czarnecki, P. Lukowski, and E. Knapen. 2004. "*cement concrete and concrete-polymer composites*. Belgium. Katholieke University Leuven.
- Mulyono MT.Ir. Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Neville, A.M. 2003. *Properties of Concrete*. Fourth Edition. New Jersey : Prentice Hall.
-