

Studi Karakteristik Bahan Polimer Grouting Menggunakan Abu Tebu dan *Resin Catalyst*

Characteristics Study of Polymer Grout Materials Using Sugar Cane Bagasse with Resin Catalyst

Axlla Femmy Wahyudita, Fadillawaty Saleh, Fanny Monika

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Kerusakan pada beton yang dapat berupa keretakan dapat menyebabkan menurunnya kinerja pada beton sebagai struktur bangunan. Hal tersebut yang mengharuskan adanya perbaikan pada kerusakan beton agar kekuatan beton kembali seperti semula. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menemukan campuran bahan dengan komposisi yang sesuai agar dapat mengembalikan kekuatan beton yang telah mengalami kerusakan dengan menggunakan modifikasi campuran baru. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan abu ampas tebu yang berasal dari limbah pabrik gula dan bahan kimia *resin catalyst* sebagai pengganti air dan bahan pengikat. Campuran tersebut dibuat dengan menggunakan 5 variasi perbandingan volume *resin catalyst* dan abu tebu yaitu 1:0,4, 1:0,53, 1:0,67, 1:0,8, dan 1:1. Penelitian ini meneliti tentang bagaimana sifat mekanik dari benda uji yang telah dibuat dari campuran tersebut. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan abu tebu dalam campuran dengan kadar *resin catalyst* tetap mengalami kenaikan pada nilai kuat tekan. Semakin bertambahnya umur beton juga memberi kenaikan nilai kuat tekan pada benda uji. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh bahan campuran dengan perbandingan 1:1 yaitu 96,18 Mpa. Bahan *grouting* yang telah dibuat juga kurang efektif apabila disuntikkan ke bagian beton yang rusak, karena memiliki tekstur yang kental menyebabkan bahan sulit disuntikkan sehingga memerlukan tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan bahan *grout* dari campuran semen dan air.

Kata kunci: kuat tekan, *grouting*, *resin catalyst*, dan abu tebu.

Abstract. *The damage on the concrete in the form of crack can lower the quality of the concrete itself as a building structure. It is necessary to repair the damage so that the strength of the concrete return to normal. This research was conducted with the aim of finding a mixture of materials with the appropriate composition in order to restore the strength of the damaged concrete by using new modified mixture. The material used in this study are sugar cane bagasse from sugar mill waste and resin catalyst instead of water and binder. The mixture was made using five variations in the ratio of volume of resin catalyst and sugar cane bagasse, those are 1:0,4, 1:0,53, 1:0,67, 1:0,8, and 1:1. This research examines how the mechanical character of the specimen that have been made from the mixture. The result of the research have been carried out that the addition of sugar cane bagasse in a mixture with resin catalyst content continued to increase in the compressive strength value. The older the concrete also increases the compressive strength. The highest compressive strength is obtained by the mixture with a ratio of 1:1, which is 96,18 MPa. Grouting materials that have been made are also not effective when injected so that requires greater compared to grouting material and mixture of cement and water.*

Keywords: compressive strength, grouting, resin catalyst, and sugar cane bagasse.

1. Pendahuluan

Perkembangan zaman di dunia pembangunan semakin maju. Konstruksi bangunan akan lebih baik apabila bangunan indah secara estetika dan kuat secara struktural. Kerusakan pada struktur dapat saja terjadi pada semua bangunan, misalkan saja pada bagian struktur beton. Kerusakan struktur beton tentu harus dicegah agar bangunan tidak hanya indah namun juga aman. Pencegahan dapat dilakukan pada saat pelaksanaan konstruksi. Perbaikan juga perlu dilakukan untuk struktur beton yang sudah mengalami kerusakan, contohnya keretakan. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk memperbaiki beton yang sudah mengalami keretakan yaitu dengan metode *grouting*. *Grouting* bermanfaat untuk mengisi celah beton yang retak. Metode *grouting* ini memerlukan bahan yang mudah untuk disuntikkan ke celah beton yang retak, maka diperlukan bahan yang tidak hanya memiliki kuat tekan tinggi namun juga kekentalan yang rendah agar ketika disuntikkan dengan tekanan akan mudah dalam pengerjaannya.

Penelitian tentang *grouting* sudah banyak dilakukan sebelumnya, percobaan tentang berbagai variasi tentang campurannya juga sudah pernah dilakukan. Fang dkk. (2018) telah melakukan penelitian dalam perbaikan kebocoran pipa terowongan dengan metode *grouting*. Zang dkk. (2018) telah melakukan penelitian tentang *polymer grouting* dengan campuran semen 30 % dan *bentonite* 70 % dan hasilnya menunjukkan bahwa campuran tersebut dapat memenuhi kebutuhan teknis dan memperkecil biaya. Penelitian tentang metode *grouting* untuk mengisi rongga juga telah dilakukan untuk mengetahui metode tersebut efektif digunakan atau tidak (Martin dkk, 2018).

Penambahan bahan kimia dan penggunaan variasi pada bahan dalam campuran pembuatan beton ataupun mortar juga sudah pernah dilakukan pada penelitian terdahulu. Penambahan abu tebu telah dilakukan dalam pembuatan 3 jenis beton dengan kaku yang sama dengan hasil kuat tekan yang berbeda

(Zarrei dkk, 2018). Moretti dkk. (2018) mengutarakan bahwa penggunaan abu tebu dalam pembuatan beton silinder dapat menggantikan 30 % kebutuhan semen dan dapat menaikkan nilai kuat tekan sebesar 7-17 % pada umur beton yang ditinjau di umur 28-91 hari. Penambahan abu tebu pada pembuatan beton silinder juga dapat menaikkan nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari sebesar 10-27,8 % (Jagades dkk, 2018). Penambahan *polynaphthalene* pada campuran *grouting* yang menunjukkan bahwa campuran memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dan membutuhkan waktu pengerasan yang lebih lama (Aagnostopoulus, 2014). Yu dkk. (2018) mengatakan bahwa penambahan *sodium silicate* dengan berat 7,5 % pada campuran mortar dapat menaikkan nilai kuat tekan sebesar 1,2-1,6 MPa. Penambahan *sodium silicate* pada campuran *grouting* yang digunakan untuk bahan perbaikan lubang bor dinilai lebih murah dan berdasarkan penerapan di lapangan mengalami kenaikan kinerja setelah 72 jam (Guiying dkk, 2018). Folagbade (2017) telah melakukan penelitian dengan menambahkan abu, *silica fume*, dan *metakolin* dalam pembuatan beton biasa dengan nilai *fas* 0,5 dan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton dengan campuran tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton dengan campuran biasa.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakteristik bahan campuran *polymer grouting* dengan menggunakan abu tebu dan *resin catalyst* dengan 5 variasi perbandingan volume. Variasi yang digunakan dengan menggunakan volume *resin catalyst* tetap yaitu 150 ml dan penambahan abu tebu tiap variasi

2. Material dan Metode Penelitian

Bahan

Resin Catalyst

Resin merupakan bahan kimia dengan tekstur kental dan dapat mengeras apabila ditetesi dengan *catalyst*. Semakin banyak *catalyst* yang ditetaskan maka campuran akan semakin cepat mengeras.

Abu Tebu

Abu tebu merupakan bahan yang digunakan sebagai bahan pengganti semen yang didapat dari hasil pembakaran ampas tebu dari Pabrik Gula Madukismo yang hanya dihamparkan di tanah lapang. Perbandingan abu tebu dan *resin catalyst* dapat dilihat pada Tabel 2.1 Perbandingan komposisi campuran dibawah ini.

Tabel 1 Perbandingan komposisi campuranm

Perbandingan	Volume (ml)		Berat (gram)	
	Resin	Abu tebu	Resin	Abu tebu
1 : 0,4	150	60	150	23
1 : 0,53	150	80	150	33
1 : 0,67	150	100	150	43
1 : 0,8	150	120	150	53
1 : 1	150	150	150	67

Alat

Alat Uji Tekan

Alat yang digunakan untuk menguji tekan seluruh benda uji merupakan alat uji tekan dengan merk *Hung* Tadenggan kapasitas 2000 kN. Alat uji tekan dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 1 Alat uji tekan

Persiapan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah dilakukan uji coba dengan *trial mix design* sampai menemukan komposisi yang pas untuk

campuran. Percobaan dilakukan mulai dengan mencpba komposisi yang pas lalu diuji penyebaran dan kekentalan campuran dalam kondisi segar, lalu apabila nilai penyebaran sudah memenuhi apa yang diinginkan maka komposii tersebut dapat digunakan dan campuran bisa digunakan dalam pembuatan benda uji. Kompisusu yang dapat dari percobaan tersebut kemudian dimasukkan ke dala cetakan kubus dengan ukuran $5 \times 5 \times 5$ cm dengan tahapan sebagai berikut ini.

1. *Resin* dan abu tebu dimasukkan ke dala wadah pengaduk yang telah disiapkan sesuai dengan komposisi yang sudah didapat, kemudian kedua babhan tersebut dicampur dengan cara diaduk.
2. Setelah kedua bahan sudah tercampur rata, siapkan kaca dan pipa dengan diameter 4 cm dan tinggi 7 cm lalu adonan dimasukkan ke dalam pipa yang sudah disiapkan lu uji peenyebarannya dan diukur diameternya.
3. Setelah itu masukkan adukan ke dalam corong dengan diameter 1,2 cm untuk diuji kekentalannya dengan satuan waktu.
4. Setelah adonan selesai diuji kondisi segar, masukkan kembali adoan ke wadah pengaduk lalu madukkan *catalyst* ke dalam adukan campuran bahan sesuai dengan takaran lalu aduk kembali sampai rata. Semakin banyak *catalyst* yang dimasukkan maka adonan akan semakin cepat mengeras.
5. Setelah capuran rata dengan *catalyst*, masukkan adonan ke dalam cetakan kubus dengan dimensi $5 \times 5 \times 5$ cm dan tunggu sampai benda uji mengeras.

Prosedur Pengujian

Pengujian yang dilakukan ada pengujain *fresh properties* dan uji sifat mekanis bend uji. Pengujian *fresh properties* terdiri dari uji penyebaran, uji kekentalan, dan *setting time*. Setelah benda uji selesai diuji keadaan segar dan benda uji mengeras, selanjutnya yang dilakukan adalah merendam benda uji sebagai perawatan selama 3 hari, setelah direndam benda uji di ukur dimensinya dan ditimbang untuk mengetahui nilai berat satuannya. Timbang benda uji sebelum dan sesudah direndam selama 1 menit untuk mengetahui

nilai *IRS*, timbang berat benda uji sebelum dan sesudah direndam selama 24 jam untuk mengetahui nilai penyerapan. Timbang benda uji sebelum dan sesudah dioven selama 24 jam untuk mengetahui nilai kadar airnya. Timbang benda uji lainnya sebelum di rendam, sesudah direndam 24 jam, dan bert benda uji setelah dioven selama 24 jam. Benda uji yang akan diuji tekan diukur dimensi terlebih dahulu kemudian masukkan benda uji kedalam mesin uji tekan kemudian alat akan dioperasikan oleh laboran. Benda uji diberi beban sampai dengan kemampuan benda uji menahan beban maksimum.

Analisis Data

Hasil dari pengujian tekan yaitu beupa nilai beban maksimal dan luas permukaan. Nilai tersebut kemudiam dianalisis sehingga didapatkan nilai kuat tekan benda uji sesuai dengan umurnya. Nilai kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan 2.1

$$f_c = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2.1)$$

dengan:

f_c : kuat tekan (MPa),

P_{maks} : beban maksimum (kg), dan

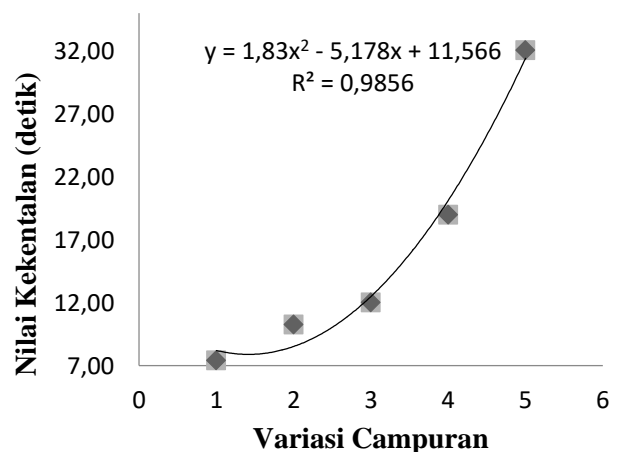
A : luas penampang (cm²).

3. Hasil dan Pembahasan

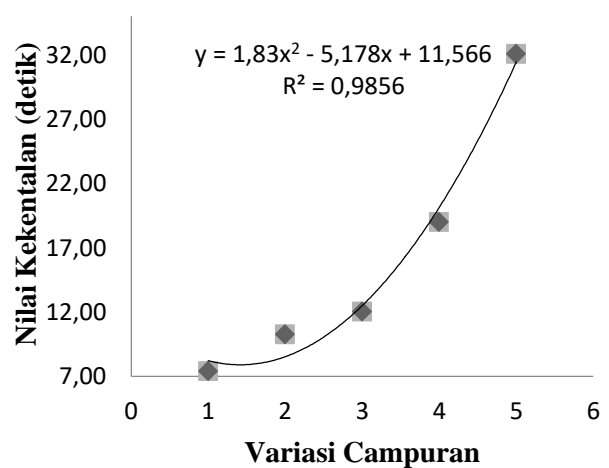
Sifat segar benda uji

Sifat segar benda uji yang terdiri dari tiga pengujian yaitu uji penyebaran, uji kekentalan, dan *setting time*. Semakin banyak abu tebu yang ditambahkan maka nilai penyebaran akan semakin rendah. Semakin banyak abu tebu yang ditambahkan maka nilai kekentalan akan semakin besar. *Setiing time* merupakan waktu yang dibutuhkan benda uji untuk mengeras. *Setting time* dipengaruhi oleh penambahan abu tebu, semakin banyak abu tebu yang ditambahkan maka benda uji akan semakin cepat mengeras. hubungan antara variasi

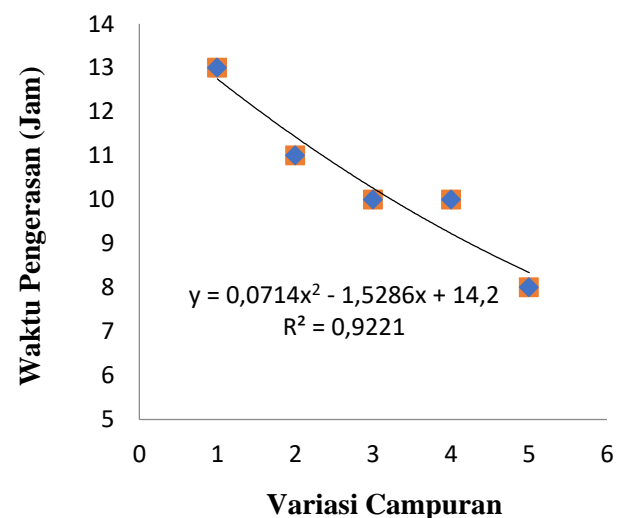
dengan penyebaran, kekentalan, dan *setting time* dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 2 Hubungan antara nilai kekentalan dan variasi campuran



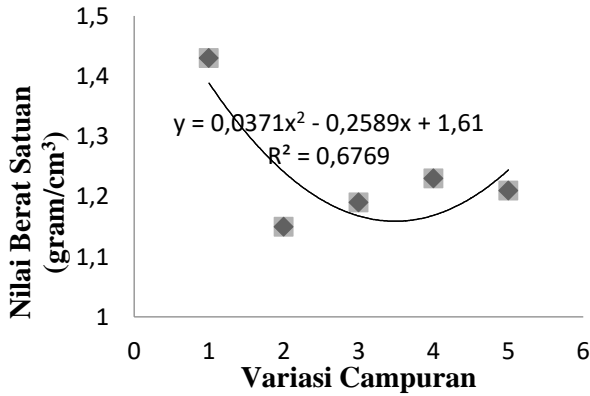
Gambar 3 Hubungan antara nilai kekentalan dan variasi campuran



Gambar 4 Hubungan antara waktu pengerasan dan variasi campuran

Sifat mekanis

Pengujian sifat mekanik benda uji ada 6 jenis pengujian yaitu berat satuan dengan nilai rata-rata 1,24 gram/cm³. Pengujian kadar air, penyerapan, IRS, dan porositas dengan nilai nol. Hubungan antara nilai berat satuan dengan variasi dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Hubungan antara nilai berat satuan dan variasi campuran

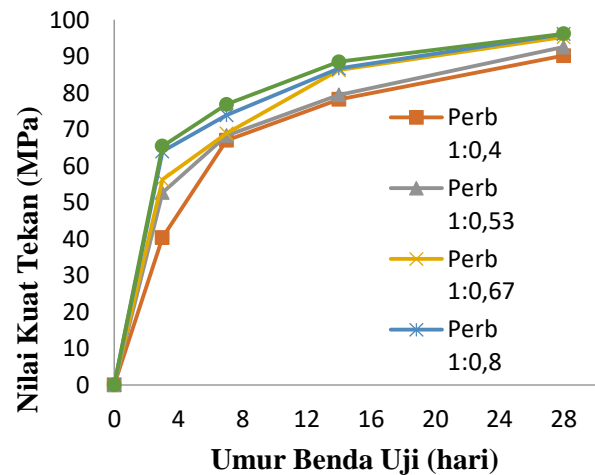
Pengujian sifat mekanis yang terakhir adalah pengujian tekan yang dilakukan pada saat benda uji berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Nilai kuat tekan seluruh benda uji dengan semua perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Nilai kuat tekan tertinggi

Perbandingan	Umur (hari)	Beban max (Kg)	Kuat tekan (MPa)
1:0,4	3	10170	40,38
	7	16960	66,98
	14	20170	78,21
	28	23730	90,19
1:0,53	3	1390	52,71
	7	17020	68,32
	14	19440	79,43
1:0,67	28	23300	92,54
	3	13920	56,24
	7	19200	68,87
1:0,8	14	21650	86,23
	28	23700	95,29
	3	16110	63,98
1:0,8	7	21550	73,87
	14	21560	86,68
	28	24000	96,1

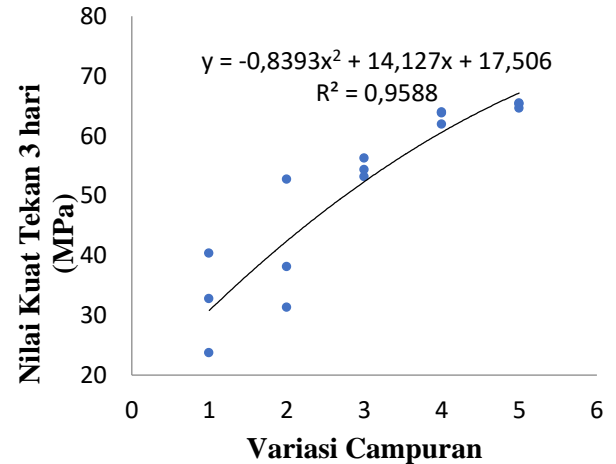
Perbandingan	Umur (hari)	Beban max (Kg)	Kuat tekan (MPa)
1:1	3	16540	65,43
	7	19310	76,85
	14	22600	88,51
	28	24510	96,18

Hubungan antara nilai kuat tekan dengan umur benda uji dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.

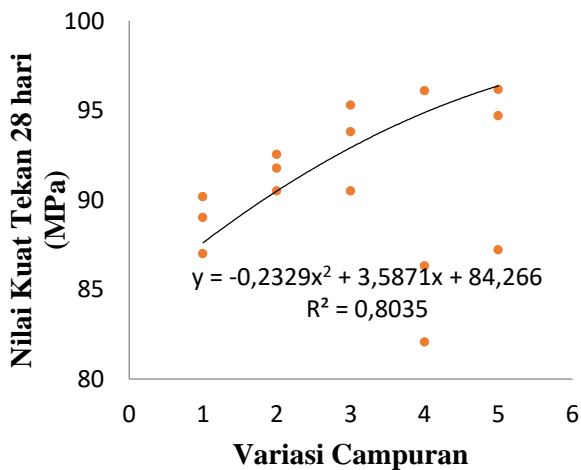


Gambar 6 Hubungan antara nilai kuat tekan dan umur benda uji

Hubungan antara nilai kuat tekan awal (3 hari) dengan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 7 sedangkan hubungan antara nilai kuat tekan akhir (28 hari) dengan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.

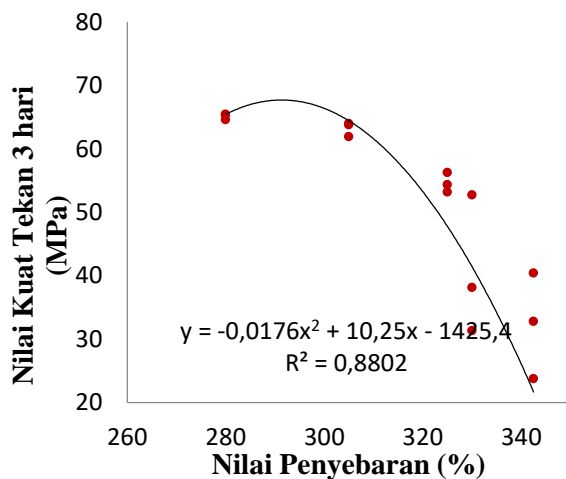


Gambar 7 Hubungan antara nilai kuat tekan awal dan variasi campuran

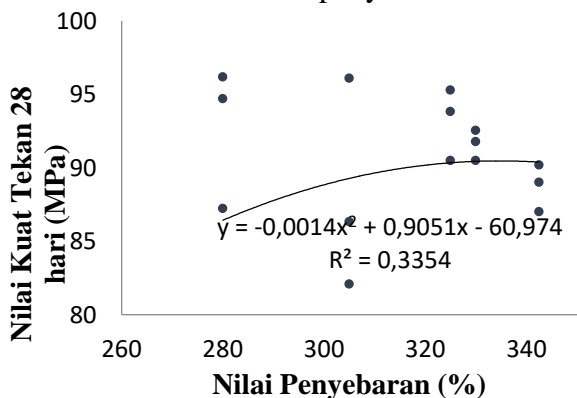


Gambar 8 Hubungan antara nilai kuat tekan akhir dan variasi campuran

Hubungan antara nilai kuat tekan awal (3 hari) dengan nilai penyebaran dapat dilihat pada Gambar 9 sedangkan hubungan antara nilai kuat tekan akhir (28 hari) dengan nilai penyebaran dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 9 Hubungan antara nilai kuat tekan awal dan nilai penyebaran



Gambar 10 Hubungan antara nilai kuat tekan akhir dan nilai penyebaran

4. Pembahasan

Pengaruh Umur terhadap Kuat Tekan Benda Uji

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa hubungan antara nilai kuat tekan dengan umur dapat disimpulkan bahwa umur benda uji mempengaruhi nilai kuat tekan benda uji pada semua variasi perbandingan volume campuran. Semakin lama umur benda uji, maka nilai kuat tekan akan semakin naik. Nilai kuat tekan pada benda uji variasi 5 pada umur 28 hari merupakan nilai kuat tekan tertinggi, hal ini dikarenakan campuran tersebut merupakan campuran dengan volume abu tebu paling banyak sehingga benda uji lebih besar juga perkuatannya.

Pengaruh Variasi Campuran terhadap Kuat Tekan Awal dan Akhir Benda Uji

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa hubungan antara nilai kuat tekan awal (3 hari) dan nilai kuat tekan akhir (28 hari) dengan variasi campuran dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi yang digunakan (penggunaan abu tebu semakin banyak) dengan volume *resin catalyst* yang digunakan tetap, maka nilai kuat tekan benda uji juga akan semakin bertambah baik untuk kuat tekan awal maupun akhir. perkuatannya.

Pengaruh Nilai Penyebaran Campuran terhadap Kuat Tekan Awal dan Akhir Benda Uji

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa hubungan antara nilai kuat tekan awal (3 hari) dan nilai kuat tekan akhir (28 hari) dengan nilai penyebaran dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai penyebaran (semakin encer campuran bahan) maka nilai kuat tekan awal dan nilai kuat tekan akhir akan semakin kecil. Sebaliknya, apabila nilai penyebaran semakin kecil maka kuat tekan akan semakin besar.

Rekapitulasi Bahan Grouting dengan Tinjauan Tiga Persyaratan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan hasil

campuran dengan rekapitulasi berdasar tiga persyaratan yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 Rekapitulasi bahan *grouting* dibawah ini.

Tinjauan	1	2	3	4	5
Kuat tekan	■	■	■	■	■
Kekentalan	■	■	■	■	■
Setting time	■				

Berdasarkan keterangan pada Tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa campuran yang memenuhi syarat berdasar tiga tinjauan yaitu campuran pada variasi 1 dengan perbandingan 1:0,4 namun dengan nilai kuat tekan yang paling rendah diantara campuran lain. Adapun rekomendasi yang dapat penulis sarankan yaitu menggunakan campuran variasi 5 dengan perbandingan 1:1 karena memiliki nilai kuat tekan yang paling besar. Cara mengatasi *setting time* dapat dilakukan dengan cara menambahkan *catalyst* ketika sudah berada di lokasi proyek agar campuran tidak mengeras ketika mobilisasi dengan menambah takaran agar cepat mengeras ketika sudah disuntikkan ke bagian beton yang retak. Selanjutnya untuk mengatasi kekentalan campuran yang tidak memenuhi syarat dapat dilakukan dengan cara penggunaan tekanan yang lebih tinggi pada saat penyuntikan bahan *grouting* kedalam bagian beton yang retak menggunakan mesin khusus.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 80 benda uji yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan dengan hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin bertambahnya usia benda uji maka nilai kuat tekan juga semakin. Benda uji yang terdiri dari 5 varian pada volume abu tebu menunjukkan bahwa semakin banyak abu tebu yang digunakan dalam campuran maka semakin tinggi juga nilai kuat tekan untuk semua umur benda uji.
2. Berdasarkan dengan hasil pengujian *fresh properties* seluruh benda uji dengan 5 varian menunjukkan bahwa semakin banyak abu tebu yang digunakan maka nilai *slump flow* semakin kecil, nilai

kekentalan semakin besar, dan *setting time* semakin cepat. Hasil pengujian kekentalan bahan *grouting* menunjukkan bahwa campuran tergolong kental, sehingga mungkin akan sulit dalam penyuntikan bahan ke beton. Nilai kekentalan pada bahan dengan perbandingan paling encer yaitu 1:0,4 yaitu dalam waktu 07:42:66.

3. Berdasarkan dengan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan pada benda uji menunjukkan bahwa nilai penyerapan, kadar air, *IRS*, dan porositas benda uji adalah nol. Hal ini dikarenakan sifat *resin catalyst* yang kedap terhadap air sehingga tidak dapat menyerap air, dan ketika pengadukan antara *resin catalyst* dan abu tebu tidak ada penambahan air. Nilai berat satuan rata-rata sebesar 1,24.
4. Nilai kuat tekan rata-rata benda uji dengan perbandingan 1:0,4 yaitu 66,64 MPa, untuk perbandingan 1:0,53 dengan nilai kuat tekan 69,64 MPa, perbandingan 1:0,67 dengan nilai 75,23 MPa, nilai kuat tekan benda uji perbandingan 1:0,8 yaitu 76,75 MPa, dan untuk perbandingan 1:1 dengan nilai kuat tekan sebesar 79,94 MPa. Nilai kuat tekan yang tertinggi terdapat pada variasi perbandingan 1:1 umur 28 hari yaitu 96,18 MPa.

6. Daftar Pustaka

- Anagnostopoulos, C.A., 2014. Effect of Different Superplasticisers on the Physical and Mechanical Properties of Cement Grouts. *Cosntruction and Building Materials*, 50, 162-168.
- ASTM, 2009, C948-81. Standard Test Method for Dry and Wet Bulk Density, Water Absorption, and Apparent Porosity of Thin Section of Glass-Fiber Reinforced Concrete. American Standard Testing and Material, Amerika.
- ASTM, 2010, C939-10. Standard Test Method for Flow of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method). American Standard Testing and Material, Amerika.

- ASTM, 2013, C642-13, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. American Standard Testing and Material, Amerika.
- ASTM, 2014, C138/C138M-14. Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. American Standard Testing and Material, Amerika.
- BSSN, 2014, SNI-6882-2014. Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- DPU, 2005, Pd T-07-2005-B. Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jalan dan Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sihotang, E., 2010. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu pada Pembuat Mortar: Skripsi Sarjana Sains*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Folagbade., 2017. Early-Age Performance of Cement Combination Concrete. *Civil engineering Dimension*, 19(1), 14-20.
- Hongyuan, F., Bin, L., Fuming, W., Yuke, W., dan Can, C., 2018. The Mechanical Behaviour of Drainage Pipeline Under Traffic Load Before And After Polymer Grouting Trenchless Repairing. *Cosntruction and Building Materials*, 74, 185-194.
- Jagadesh, P., Ramachandramurthy, A., dan Murugesan, R., 2018. Evaluation of Mechanical Properties of Sugarcane Bagasse Ash Concrete. *Cosntruction and Building Materials*, 176, 608-617.
- Lu, G., Wang, Y.S., Zhang, Y., dan Ariaratnam, S.T., 2018. Feasibility of Using Sodium Silicate as Grouting in Loose Coal Bed Section for Methane Drainage. *Cosntruction and Building Materials*, 72, 107-113.
- Martins, R.O.G., Nalon, G.H., Alvarenga, R.D.C.S.S., Pedroti, L.G., dan Ribeiro, J.C.L., 2018. Influence of Blocks and Grout on Compressive Strength and Stiffness of Concrete Mansory Prisms. *Cosntruction and Building Materials*, 182, 233-241.
- Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Morreti, J.P., Nunes, S., dan Sales, A., 2018. Self Compacting Concrete Incorporating Sugarcane Bagasse Ash. *Cosntruction and Building Materials*, 172, 635-649.
- Pandaleke, R., 2014. Kajian Experimental Sifat Karakteristik Mortar yang Menggunakan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen. *Tekno Sipil*, 12(60), 57-63.
- Udiana, I.M., 2013. Desain Campuran Semen dan Air pada Pekerjaan Grouting Proyek Bendungan/Waduk Nipah Madura-Jawa Timur. *Universitas Nusa Cendana*, 2(2), 93.
- Yu, Z., Yang, L., Zhou, S., Gong, Q., dan Zhu, H., 2018. Durability of Cement-Sodium Silicate Grouts With a High Water to Binder Ratio in Marine Environments. *Cosntruction and Building Materials*, 189, 550-559.
- Zareei, S.A., Ameri, F., dan Bahrami, N., 2018. Microstructure, Strength, And Durability of Eco-Friendly Concretes Containing Sugarcane Bagasse Ash. *Cosntruction and Building Materials*, 184, 258-268.
- Zhang, C., Fu, J., Ou, X., Ye, X., dan Yi, Z., 2018. Formulation and Performance of Grouting Materials for Underwater Shield Tunnel Construction in Karst Ground. *Cosntruction and Building Materials*, 187, 327-338.