

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian *Slump flow*

Penelitian uji penyebaran ini dilakukan setelah campuran *resin* dan abu tebu yang sudah sesuai komposisi tercampur rata. Nilai sebar yang baik yaitu antara $110 \pm 5\%$ (BSN, 2014), yaitu semakin besar nilai penyebarannya menandakan bahwa campuran semakin encer dan begitu juga sebaliknya. Hasil pengujian *slump flow* dari campuran *resin catalyst* dan abu tebu memiliki kenaikan nilai sebaran tiap kenaikan komposisi abu tebu yang digunakan. Nilai penyebaran pada campuran seluruh perbandingan memiliki nilai yang baik. Berikut adalah hasil pengujian *slump flow* yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan hubungan antara nilai penyebaran dengan masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.

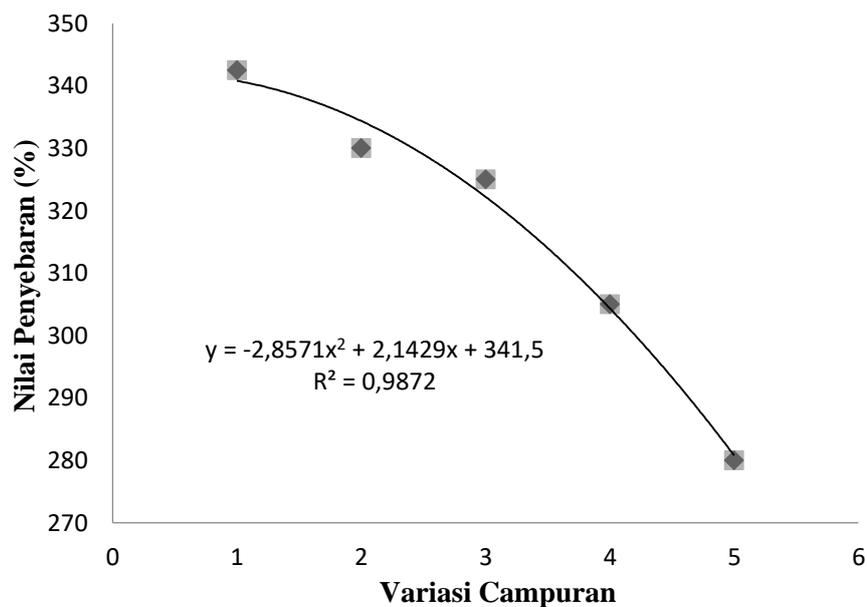
Tabel 4.1 Hasil pengujian *Slump flow*

Variasi Campuran	Nilai <i>Slump Flow</i>	Gambar
1	17,7 cm (342,5 %)	
2	17,2 cm (330 %)	
3	17 cm (325 %)	

Tabel Tabel 4.1 Hasil pengujian *Slump flow* (lanjutan)

Variasi Campuran	Nilai <i>Slump Flow</i>	Gambar
4	16,2 cm (305 %)	
5	15,2 cm (280 %)	

Variasi campuran yang digunakan dalam penelitian ini ialah memvariasikan volume abu tebu dengan menggunakan volume *resin catalyst* yang tetap. Hubungan antara variasi campuran dengan nilai penyebaran dapat disimpulkan bahwa semakin banyak abu tebu yang digunakan, maka nilai penyebaran akan semakin rendah. Nilai penyebaran yang semakin rendah menandakan bahwa campuran yang telah dibuat semakin kental.



Gambar 4.1 Hubungan antara nilai penyebaran dan variasi campuran

4.2. Kekentalan

Setelah melakukan uji *slump flow* dilakukan pengujian kekentalan dengan acuan ASTM (2013) menggunakan corong dengan diameter bawah 1,2 cm dengan satuan waktu (detik). Nilai kekentalan yang baik untuk campuran *grouting* menurut standar yaitu 5 sampai 7 detik. Hasil dari pengujian kekentalan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

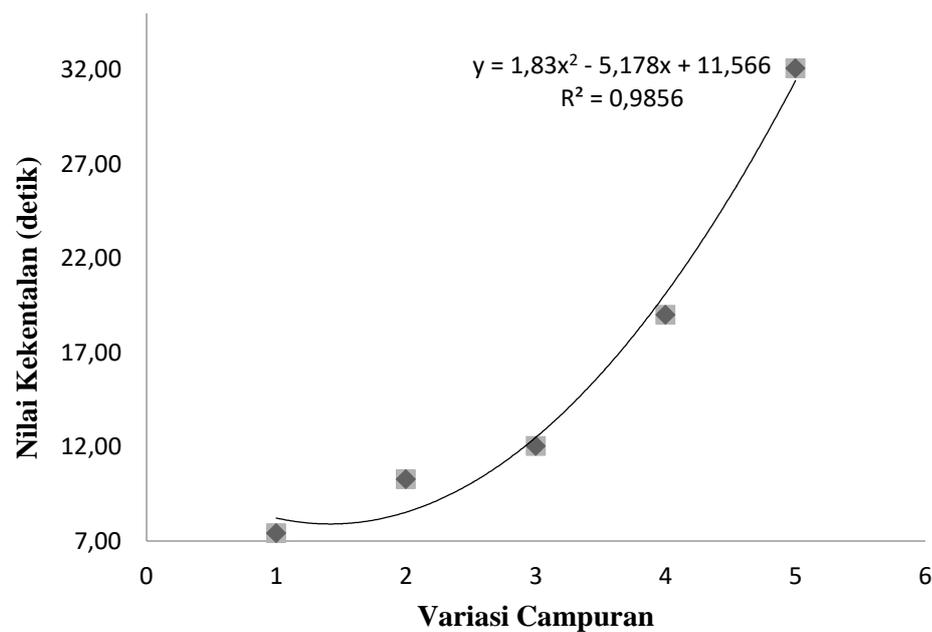
Tabel 4.2 Hasil uji kekentalan

Perbandingan campuran	Nilai Kekentalan (detik)		Gambar
	Seluruh Adonan	Corong Penuh	
1	07:42:66	00:28:75	
2	10:27:83	00:57:62	
3	12:04:20	01:02:27	
4	19:00:22	01:31:03	

Tabel 4.2 Hasil uji kekentalan (Lanjutan)

Perbandingan campuran	Nilai Kekentalan (detik)		Gambar
	Seluruh Adonan	Corong Penuh	
5	Seluruh Adonan	Corong Penuh	

Berdasarkan Tabel 4.2 Hasil pengujian kekentalan, nilai kekentalan menunjukkan bahwa semakin banyak abu tebu yang ditambahkan dalam campuran maka nilai kekentalan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh sifat *resin catalyst* yang kental, sehingga tanpa penambahan abu tebu pun kekentalan sudah tinggi. Nilai kekentalan dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa campuran tidak masuk dalam spesifikasi yang telah disyaratkan dalam ASTM (2013) untuk campuran *grouting*. Hubungan antara variasi perbandingan dengan nilai kekentalan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hubungan antara nilai kekentalan dan variasi campuran

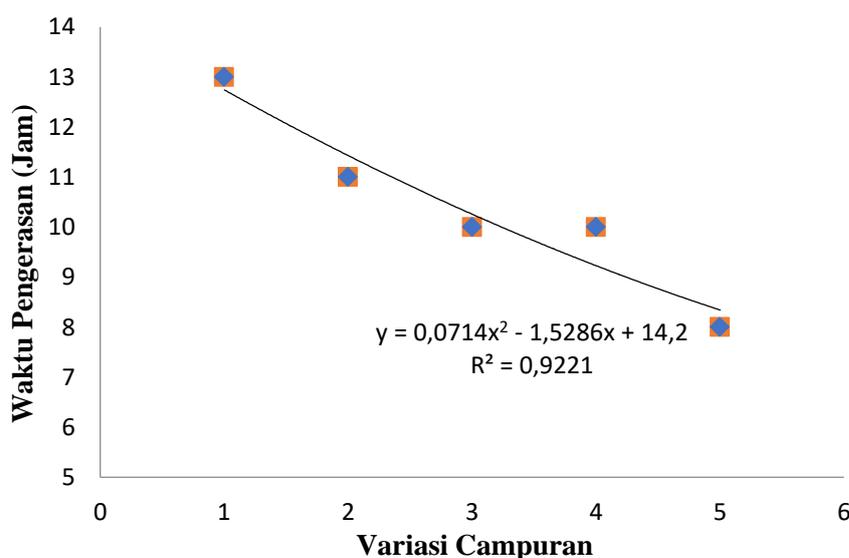
4.3. Setting Time

Setelah dilakukan pengujian kekentalan terhadap tiap campuran, langkah selanjutnya yaitu meletakkan campuran yang sudah dicampur sesuai dengan *mix design* ke dalam cetakan kubus yang sudah disiapkan. Setelah itu campuran dalam cetakan didiamkan selama 24 jam. Lama mengerasnya campuran antara *resin catalyst* dan abu tebu dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Lama mengeras campuran tiap variasi

Variasi Campuran	Lama Mengeras (Jam)
1	13
2	11
3	10
4	10
5	8

Hubungan antara *setting time* dan variasi campuran menunjukkan bahwa semakin bertambahnya variasi campuran (makin banyak abu tebu yang digunakan) maka waktu mengeras yang dibutuhkan benda uji akan semakin sebentar, hal tersebut merupakan kekurangan dari campuran tersebut. Adapun cara mengatasinya yaitu penambahan *catalyst* lebih baik dilakukan ketika campuran sudah sampai di lokasi proyek sehingga campuran tidak mengeras diperjalanan. Grafik hubungan antara lama waktu mengeras dengan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.3 Hubungan antara waktu pengerasan dan variasi campuran

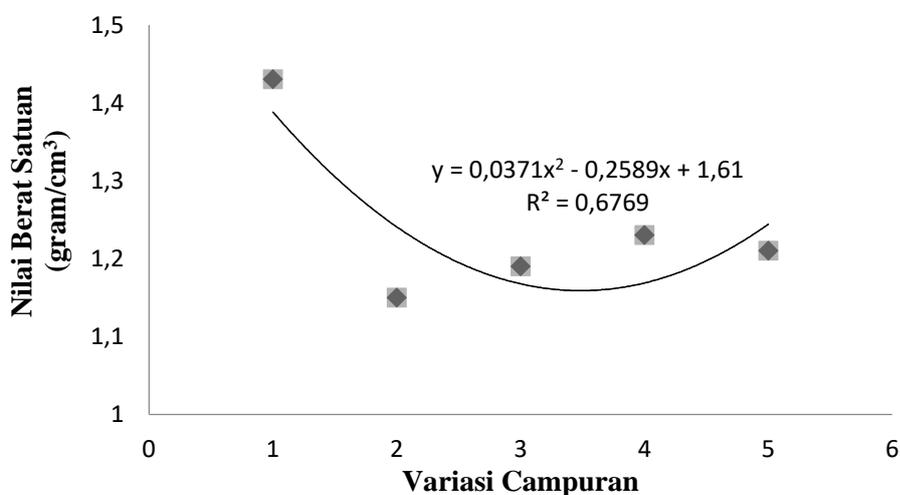
4.4. Berat satuan

Setelah campuran dalam cetakan sudah mengeras dan dibongkar, benda uji lalu diberi perawatan (*curing*) dengan cara merendam selama 3 hari. Setelah 3 hari, benda uji dikeluarkan dari air lalu ditimbang berat dan diukur dimensinya. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, substitusikan data yang didapat ke dalam rumus yang sudah tersedia lalu data diolah. Nilai berat satuan benda uji tiap perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.4 Nilai Berat Satuan sebagai berikut ini.

Tabel 4.4 Nilai Berat Satuan

Perbandingan Campuran	Nilai Berat satuan (gram/cm ³)
1	1,43
2	1,15
3	1,19
4	1,23
5	1,21

Hubungan antara nilai berat satuan dengan variasi campuran menunjukkan bahwa nilai berat satuan dari benda uji setiap variasi tidak dapat ditetapkan bagaimana hubungannya, hal ini dikarenakan bentuk benda uji memiliki ukuran yang tidak tetap karena cetakan kubus yang bocor jadi mengharuskan cetakan diberi plastik. Grafik hubungan antara berat satuan dan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Hubungan antara nilai berat satuan dan variasi campuran

4.5. Kadar Air

Setelah dilakukan pengujian berat satuan pada benda uji, pengujian selanjutnya yang dilakukan yaitu pengujian kadar air yang bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam benda uji. Nilai kadar air pada penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh benda uji dengan semua variasi perbandingan memiliki nilai kadar air nol%. Hasil tersebut dikarenakan abu tebu dalam keadaan kering tanpa kandungan air. Proses penyampuran antara abu tebu dan *resin catalyst* juga dilakukan tanpa adanya penambahan air, dan ketika proses *curing* benda uji yang sudah mengeras tidak menyerap air karena *resin catalyst* merupakan bahan yang kedap air.

4.6. Initial Rate of Suction

Pengujian yang dilakukan selanjutnya yaitu pengujian *Initial Rate of Suction (IRS)* yang bertujuan untuk mengetahui berapa banyak air yang dapat meresap ke dalam benda uji yang telah mengeras selama 1 menit dengan cara menimbang benda uji sebelum direndam lalu benda uji direndam di dalam air selama 1 menit, setelah 1 menit benda uji diangkat lalu ditimbang kembali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *IRS* untuk seluruh benda uji dengan semua variasi perbandingan bahan campuran adalah nol. Nilai tersebut dikarenakan bahan *resin catalyst* merupakan bahan yang kedap air, sehingga ketika benda uji direndam di dalam air selama 1 menit tetap tidak dapat menyerap air yang menyebabkan tidak ada perubahan pada berat benda ujimenyerap air.

4.7. Penyerapan

Pengujian yang dilakukan setelah melakukan pengujian *IRS* yaitu menguji penyerapan pada benda uji yang bertujuan untuk mengetahui berapa banyak air yang dapat diresap benda uji selama 24 jam ketika direndam dalam air. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai penyerapan seluruh benda uji dengan semua variasi perbandingan volume bahan campuran yaitu nol, hal ini dikarenakan bahan *resin catalyst* yang terkandung dalam campuran tersebut merupakan bahan yang kedap air, sehingga benda uji tidak menyerap air ketika direndam di dalam air selama 24 jam yang menyebabkan tidak ada perubahan pada berat benda uji sebelum dan setelah direndam selama 24 jam. Nilai penyerapan air pada benda uji

tersebut baik apabila benda uji digunakan sebagai bahan perbaikan beton, karena semakin kecil nilai penyerapan maka kuat tekan yang dihasilkan juga semakin bagus.

4.8. Porositas

Setelah melakukan pengujian penyerapan pada benda uji selanjutnya dilakukan pengujian porositas yang bertujuan untuk mengetahui presentase rongga kosong atau pori yang terdapat pada sebuah benda uji dengan cara menimbang benda uji dalam tiga kondisi yaitu keadaan sebelum direndam 24 jam, berat setelah direndam selama 24 jam, dan berat benda uji setelah dioven selama 24 jam. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa nilai porositas pada semua benda uji dengan semua variasi perbandingan adalah tidak dapat terdefinisi, hal ini disebabkan karena campuran *resin catalyst* merupakan bahan yang kedap air yang artinya benda uji juga tidak memiliki kemampuan untuk menyerap air, sehingga berat benda uji dalam tiga kondisi seperti yang seharusnya didapatkan memiliki berat yang sama. Nilai porositas yang dapat diperoleh dari rumus mengahruskan adanya perbedaan berat benda uji dari ketiga kondisi tersebut, karena tidak ada perbedaan dari berat tiga kondisi tersebut nilai porositas tidak bisa didapatkan.

4.9. Kuat Tekan

Setelah dilakukan beberapa pengujian sifat mekanis pada benda uji seperti diatas, pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah uji tekan pada benda uji yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada benda uji yang dilakukan pada benda uji berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sebelum dilakukan uji tekan pada seluruh benda uji, dilakukan perawatan (*curing*) terlebih dahulu terhadap benda uji yang sudah mengeras dan dilepas dari cetakan kubus dengan cara merendam benda uji di dalam kolam yang telah tersedia selama 3 hari untuk benda uji yang akan diuji tekan pada umur 3 hari, 7 hari pada benda uji yang akan diuji tekan pada umur 7 hari, 14 hari pada benda uji yang akan diuji tekan pada umur 14 hari, dan 28 hari pada benda uji yang akan diuji tekan pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan benda uji tiap variasi campuran setiap umur masing-masing

menguji 3 benda uji pada tiap umur, hasil dari pengujian tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 Nilai kuat tekan dibawah ini.

Tabel 4.5 Nilai kuat tekan benda uji

Perbandingan Volume	Umur (hari)	Beban max (Kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata- rata (MPa)
1 : 0,4	3	10170	24,71	40,38	32,30
		8349	24,98	32,79	
		6057	25,03	23,74	
	7	18590	27,67	65,91	67,81
		17620	25	70,55	
		16960	24	66,98	
	14	19840	25,3	76,93	77,72
		19290	24,25	78,04	
		20170	25,3	78,21	
	28	21730	24,5	87,01	88,74
		21960	24,2	89,02	
		23720	25,81	90,19	
1 : 0,53	3	13190	24,55	52,71	40,76
		10230	26,31	38,14	
		7690	24	31,43	
	7	16710	24,25	67,6	67,8
		17700	25,65	67,69	
		17020	24,44	68,32	
	14	19370	24,5	77,56	78,347
		19530	24,55	78,04	
		19440	24,01	79,43	
	28	23300	24,7	92,54	91,61
		22740	24,65	90,5	
		22650	24,21	91,78	
1 : 0,67	3	14280	25,79	4,32	54,57
		14950	27,6	53,14	
		13920	24,28	56,24	

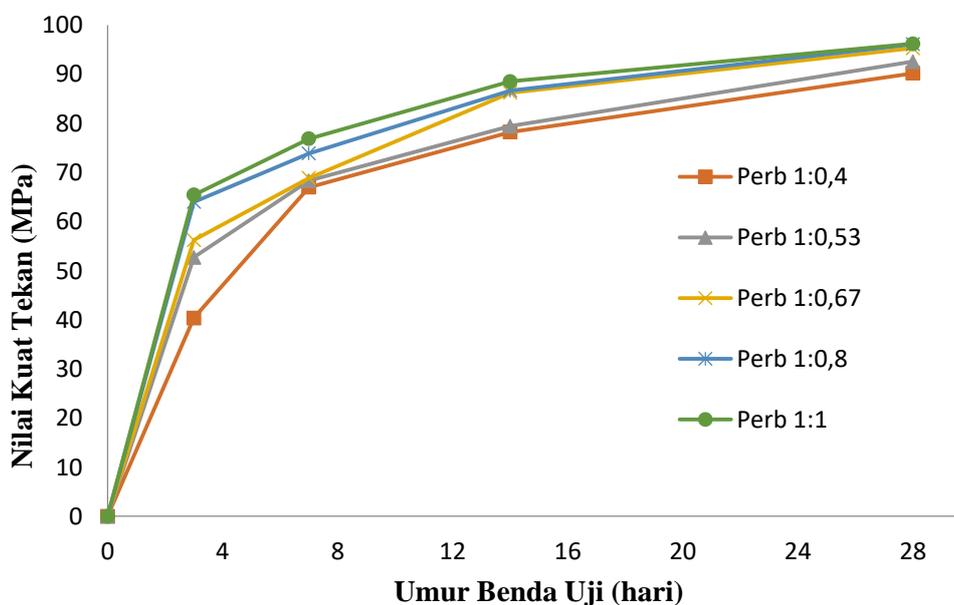
Tabel 4.5 Nilai kuat tekan benda uji (Lanjutan)

Perbandingan Volume	Umur (hari)	Beban max (Kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)		
1 : 0,67	7	17650	25,25	68,57	69,19		
		17650	24,69	70,13			
		19200	27,35	68,87			
	14	14	21650	24,63	86,23	83,98	
			21190	25,4	81,84		
		20730	24,25	83,86			
		25370	27,5	90,5			
		28	25660	26,83	93,82		93,20
			23700	24,4	95,29		
			15490	24,55	61,9		
1 : 0,8	3	16090	24,75	63,77	63,22		
		16110	24,7	63,98			
		21550	28,62	73,87			
	7	7	18150	25,3	70,38	71,68	
			17890	24,79	70,8		
		21140	24,49	84,68			
		14	20170	24,6	80,43		83,93
			21560	24,4	86,68		
			24000	24,5	96,1		
		28	28	23160	26,32		86,32
21000	25,1			82,08			
16460	25		64,59				
3	16540		24,8	65,43	65,11		
	17310		26	65,31			
20300	27,56	72,26					
1 : 1	7	19310	24,65	76,85	74,06		
		19560	26,26	73,07			
		24960	27,72	88,33			
	14	22600	25,05	88,51		87,88	
		21500	24,3	86,8			

Tabel 4.5 Nilai kuat tekan (Lanjutan)

Perbandingan Volume	Umur (hari)	Beban max (Kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1 : 1	28	24510	25	96,18	92,70
		24600	27,67	87,22	
		27320	28,3	94,7	

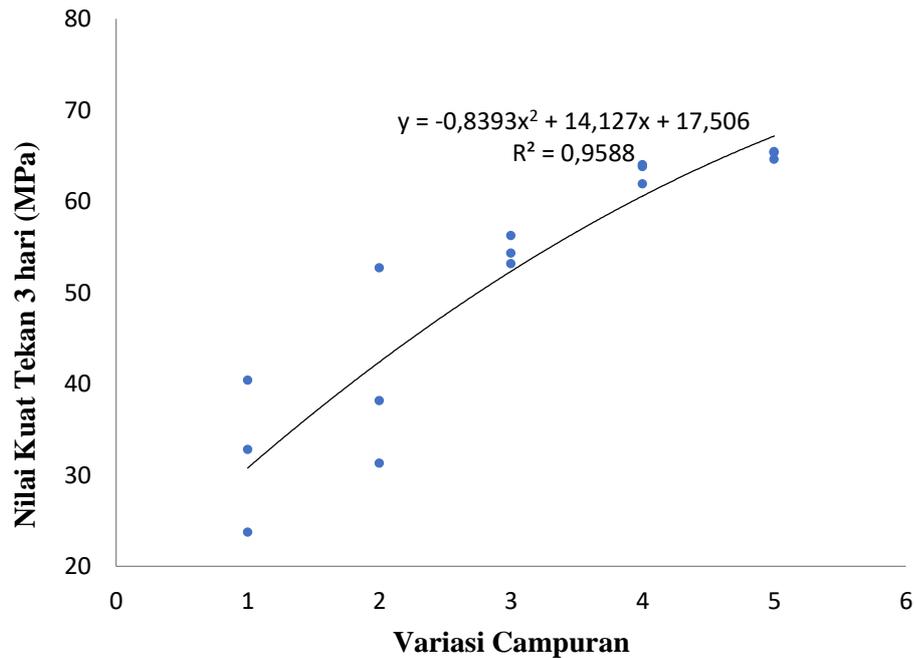
Hubungan antara nilai kuat tekan dengan umur dapat disimpulkan bahwa umur benda uji mempengaruhi nilai kuat tekan benda uji pada semua variasi perbandingan volume campuran. Semakin lama umur benda uji, maka nilai kuat tekan akan semakin naik. Nilai kuat tekan pada benda uji variasi 5 pada umur 28 hari 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. Grafik hasil uji tekan juga menunjukkan bahwa benda uji mengalami kenaikan kembali ketika sudah menerima beban maksimum. Grafik hubungan antara kuat tekan dan umur benda uji tiap variasi dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



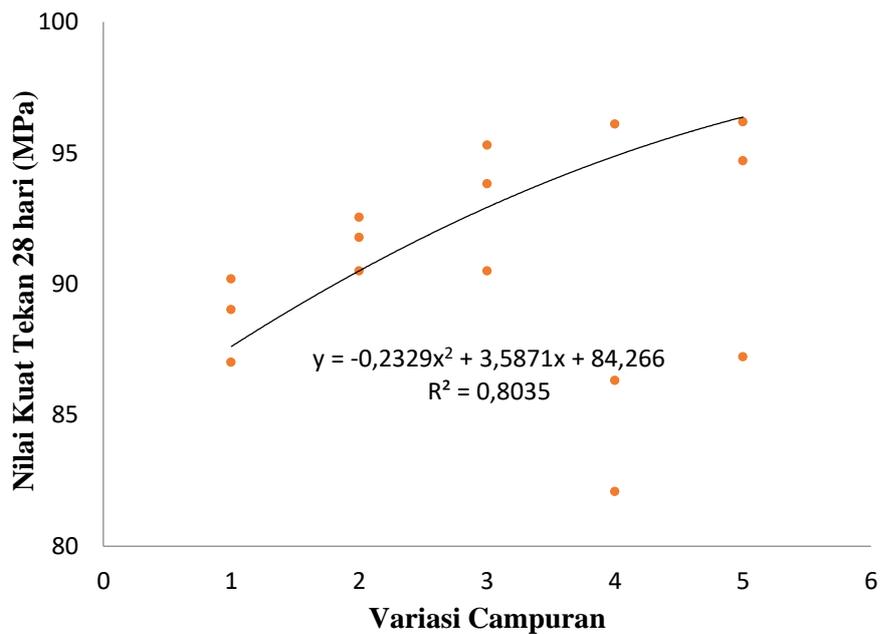
Gambar 4.5 Hubungan antara nilai kuat tekan dan umur benda uji

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. Grafik hubungan antara nilai kuat tekan awal dengan variasi campuran dan nilai kuat tekan akhir dengan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 dibawah ini.

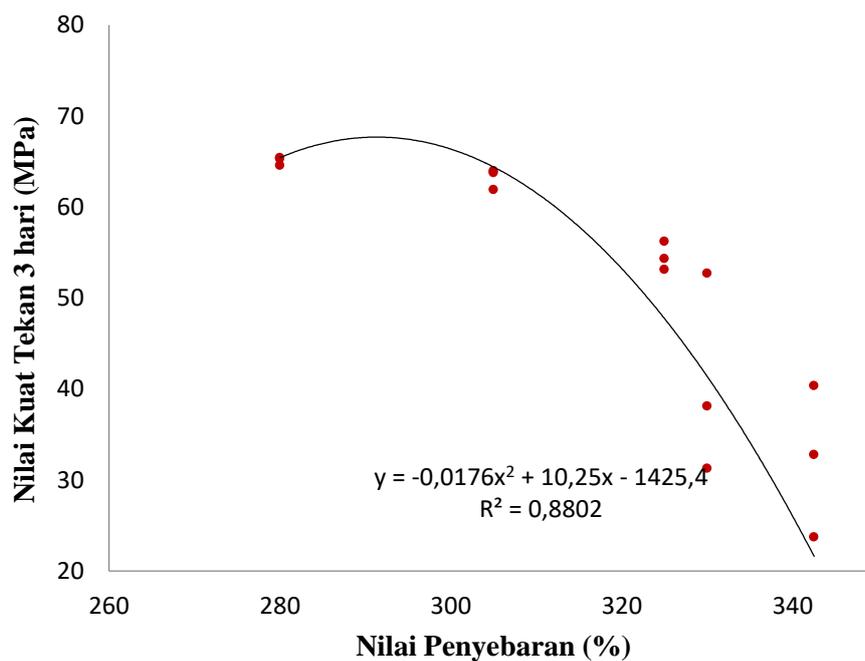


Gambar 4.6 Hubungan antara nilai kuat tekan awal dan variasi campuran

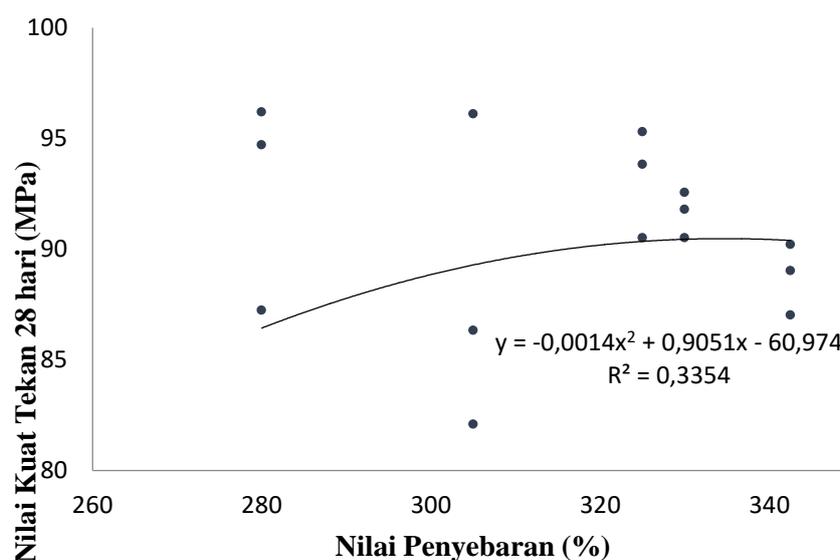


Gambar 4.7 Hubungan antara nilai kuat tekan akhir dan variasi campuran

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. Grafik hubungan antara nilai kuat awal dengan nilai penyebaran dan nilai kuat tekan akhir dengan nilai penyebaran dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.8 Hubungan antara nilai kuat tekan awal dan nilai penyebaran



Gambar 4.8 Hubungan antara nilai kuat tekan awal dan nilai penyebaran

Tabel 4.6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan

Varisi	Umur (Hari)	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
	3			Benda uji melendut ketika ditekan tanpa ada keretakan.
	7			Benda uji mengalami keretakan pada bagian pinggir.
1	14			Benda uji mengalami keretakan pada bagian atas ujung saja
	28			Benda uji mengalami keretakan dari bagian tengah atas sampai bawah.

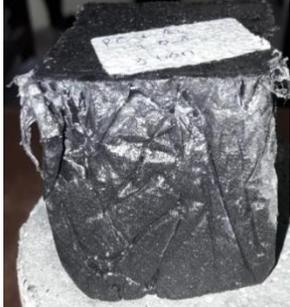
Tabel 4.6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan (Lanjutan)

Variasi	Umur (Hari)	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
	3			Benda uji hanya mengalami perubahan tinggi.
	7			Benda uji tidak mengalami perubahan apapun.
2	14			Benda uji mengalami keruntuhan di ujung atas saja.
	28			Benda mengalami keretakan yang cukup banyak di bagian tengah dan penurunan tinggi

Tabel 4.6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan (Lanjutan)

Variasi	Umur (Hari)	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
	3			Benda uji mengalami keruntuhan di ujung atas saja.
	7			Benda uji mengalami keruntuhan cukup besar di bagian ujung atas sampai bawah.
3	14			Benda uji mengalami keruntuhan cekung di bagian ujung atas sampai bawah.
	28			Benda uji mengalami keretakan dan keruntuhan yang besar di sepanjang sisi.

Tabel 4.6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan (Lanjutan)

Variasi	Umur (Hari)	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
	3			Benda uji mengalami keruntuhan dibagian ujung atas.
	7			Benda uji mengalami keruntuhan di bagian ujung atas.
4	14			Benda uji mengalami keruntuhan dibagian ujung atas hampir setengah dari tinggi.
	28			Benda uji hanya mengalami keretakan kecil di sisi atas.

Tabel 4.6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan (Lanjutan)

Variasi	Umur (Hari)	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
	3			Benda uji mengalami keruntuhan di bagian ujung atas dan perubahan tinggi
	7			Benda uji tidak mengalami perubahan bentuk.
5	14			Benda uji mengalami keruntuhan cekung cukup dalam di bagian tengah.
	28			Benda uji mengalami keruntuhan cekung cukup dalam di bagian ujung atas.

Berdasarkan keterangan pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa seluruh benda uji yang telah diuji teka, sebagian besar mengalami keretakan kecil saja dengan nilai kuat tekan yang relatif tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan 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					
<i>Setting time</i>					

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.

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan, jika dibandingkan dengan penelitian Anagnostopoulos dengan judul “Efek Penambahan Bahan Kimia pada Sifat Fisik dan Mekanik pada Semen *Grout*” tahun 2014, penelitian dengan judul “Studi Karakteristik Bahan Polimer *Grouting* Menggunakan Abu Tebu dan *Resin Catalyst*” memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi pada umur pengujian yang sama. Perbandingan nilai kuat tekan pada umur yang sama tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7 Perbandingan nilai kuat tekan dibawah ini.

Tabel 4.8 Perbandingan nilai kuat tekan

Umur benda uji	Kuat tekan penelitian sendiri (MPa)	Kuat tekan penelitian terdahulu (MPa)
3 hari	32,30	16,93
7 hari	70,12	27,71
28 hari	90,88	35

