

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perbaikan pada beton yang sudah mengalami kerusakan baik berat maupun ringan yang dapat berupa keretakan perlu untuk dilakukan agar kekuatan beton dapat kembali seperti semula. Hal ini yang melandasi peneliti untuk membahas tentang bahan perbaikan beton menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti semen dan tambahan *resin catalyst* yang digunakan sebagai bahan pengikat dengan lima variasi menggunakan perbandingan volume abu ampas tebu yang berbeda, pada penelitian sebelumnya pernah dilakukan pencampuran antara lumpur dan semen yang dijadikan sebagai bahan perbaikan beton.

Penelitian terdahulu mengenai bahan perbaikan beton antara lain sebagai berikut ini.

1. Formulasi dan kinerja bahan *grouting* untuk konstruksi terowongan pelindung bawah ait di tanah kapur (Zang dkk., 2018).
2. Perilaku mekanis pipa drainase dibawah beban lalu lintas sebelum dan sesudah perbaikan polimer *gouting* (Hongyuan dkk., 2018).
3. Pekaruh blok dan *grout* terhadap kuat tekan dan kekakuan prisma pasangan beton (Martins dkk., 2018).
4. Struktur mikro, kekutan, dan daya tahan beton ramah lingkungan yang mengandung abu ampas tebu (Zareei dkk., 2018).
5. Beton SCC dengan menggabungkan abu ampas tebu (Moretti dkk., 2018).
6. Evaluasi sifat mekanis beton dari abu ampas tebu (Jagadesh dkk., 2018).
7. Ketahanan *grouting* semen *sodium silicate* dengan rasio air terhadap pengikat yang tinggi di lingkungan laut (Yu dkk., 2018).
8. Kelayakan penggunaan *sodium silicate* sebagai bahan *grout* di bagian alas batubara yang longgar untu drainase metana (Lu dkk., 218).
9. Efek penambahan bahan kimia pada sifat fisik dan mekanik pada semen *grout* (Anagnostopoulos., 2014).
10. Kinerja awal beton dengan mengkombinasi campuran semen (Folagbade., 2017).

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu, penelitian ini akan membahas tentang sifat mekanik bahan perbaikan beton dengan menggunakan variasi campuran antara bahan kimia *resin catalyst* dan abu ampas tebu. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yaitu dari bahan campuran yang akan digunakan dan variasi perbandingan campurannya yang akan di *mix*. Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini akan menganalisis tentang sifat mekanik dari benda uji dalam kondisi segar dan kondisi keras pada perbandingan campuran antara lain: 150 ml *resin catalyst* dengan 60 ml abu tebu, 150 ml *resin catalyst* dengan 80 ml abu tebu, 150 ml *resin catalyst* dengan 100 ml abu tebu, 150 ml *resin catalyst* dengan 120ml abu tebu, dan 150ml *resin catalyst* dengan 150 ml abu tebu. Penelitian yang akan dilakukan dengan perbandingan tersebut belum ada yang meneliti sehingga terjamin keasliannya.

2.1.1 Bahasan Penelitian Terdahulu

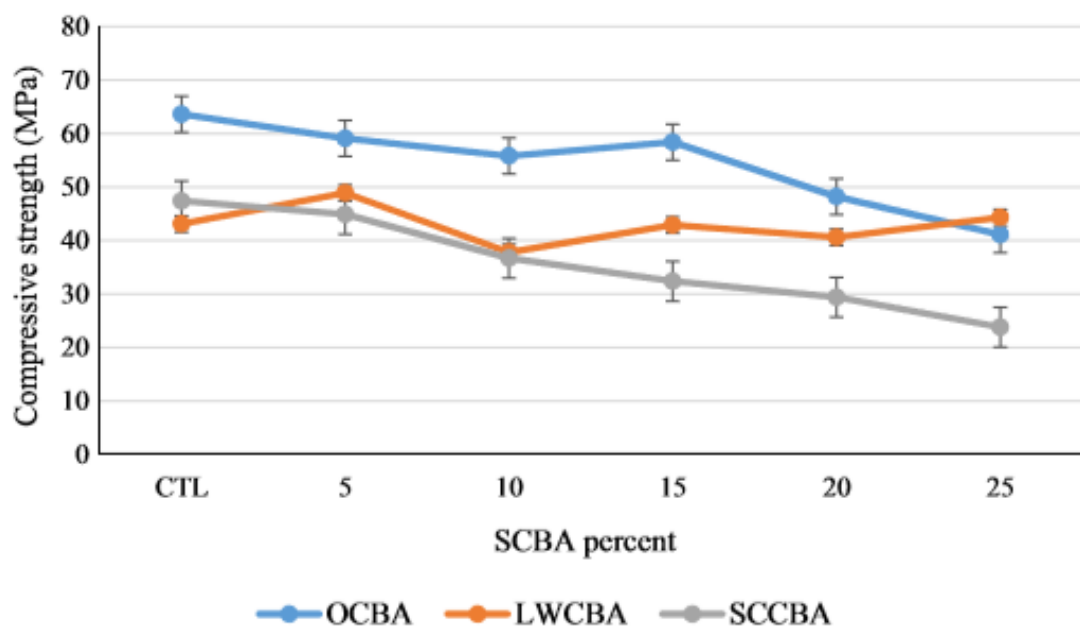
Zang dkk. (2018) melakukan penelitian tentang *grouting* pada beton yang didasari oleh dibutuhkannya perbaikan pada beton yang keretakan agar kuat tekan dan fungsinya dapat kembali seperti semula. *Grouting* sulit direalisasikan karena aliran air bawah tanah. Pada penelitian ini digunakan material baru untuk melapisi gua karst dengan aliran air tanah sebagai pelindung untuk konstruksi terowongan. Bahan *grouting* yang digunakan adalah semen dan bentonite sebagai material dasar dan ditambahkan curing agent untuk menghasilkan kekentalan, stabilitas, dan ketahanan yang baik terhadap *scour*. Direkomendasikan untuk menggunakan pasta bentonite dengan berat satuan 1,3-1,35, semen sebanyak 30 %, meta-aluminate sebanyak 1,25 %, dan lignin sebanyak 0,2 %. Bahan *grouting* ini dapat memenuhi kebutuhan dari segi teknis dan dapat menurunkan biaya konstruksi serta lebih ramah lingkungan. Kekentalan dan konduktivitas hidraulik dari *Hardened cement-bentonite grout material (HCBGM)* dipengaruhi oleh berat satuan dari pasta bentonite, sedangkan kuat tekannya dipengaruhi oleh kadar semen yang digunakan. Pengaplikasian dan keefektifan HCBGM telah diuji pada studi kasus di lapangan sebagai lapisan pelindung jembatan yang melintasi sungai besar. HCBGM dengan formulasi optimum menghasilkan *setting time* yang sesuai, konduktivitas hidraulik yang baik, dan kemampuan untuk tidak tergerus. Berdasarkan hasil dari penelitian, material *grouting* yang baik memiliki fluiditas di

antara 120 cm dan 170 cm, *setting time* lebih dari 30 menit, *retention rate* lebih dari 75 % dengan *flow velocity* 0,2 m/s, kuat tekan setelah benda uji berumur 28 hari harus melebihi 1 MPa, dan konduktivitas hidraulik kurang dari 10^{-5} cm/s. Fluiditas dan *setting time* memiliki pengaruh yang paling besar terhadap *pumpability* dan *groutability*.

Fang dkk. (2018) melakukan penelitian tentang polimer *grouting* yang merupakan cara *trenchless* yang ekonomis dan efisien dalam memperbaiki kebocoran dan penyelesaian pipa saluran air. Perilaku mekanis pipa drainase dibawah lalu lintas sebelum dan sesudah perbaikan menggunakan polimer *grouting* yang diteliti melalui 3 dimensi (3D) metode elemen hingga (FEM). Kondisi yang paling tidak menguntungkan terjadi pada saat lokasi pelepasan sesuai posisi beban. Pipa pemisah dapat diperbaiki secara efektif oleh polimer maupun semen *grouting*, namun bahan polimer lebih mahal daripada semen. Penelitian ini dilakukan pada pipa yang terletak dibawah jalan raya yang mengalami patahan dengan cara menyuntikkan bahan campuran *grout* dari semen ke bagian dinding pipa lalu bahan *grout* akan mengembang dan mengeras dengan sendirinya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pipa yang telah disuntikkan campuran semen dapat memperbaiki kerusakan pada pipa tersebut. Campuran tersebut dapat menaikkan kekuatan pipa sebesar 90 % setelah bereaksi selama 15 menit.

Martin dkk. (2018) melakukan penelitian yang membahas tentang campuran *grout* yang mengisi rongga horizontal dan vertikal elemen batu untuk meningkatkan campuran cairan dari semen agregat serta air yang digunakan untuk kekakuan dan kekuatan serta menambahkan baja tulangan bar. Blok beton berongga dengan 3 kuat tekan yang berbeda tingkat yang diproduksi menggunakan mesin otomatis di Brasil dengan ukuran $14 \times 19 \times 39$ cm. Prisma yang telah diperbaiki dengan metode *grouting* mengalami kenaikan pada . Respon permukaan, grafik kontur, dan empiris persamaan digunakan untuk menggambarkan pengaruh blok dan *grout* pada kekuatan batu prisma. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan metode *grout* dan apakah metode ini dapat meningkatkan kekuatan blok. Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode *grout* dinilai efektif karena mortar yang dihasilkan dapat meningkatkan 70 % kekuatan blok.

Zareei dkk. (2018) melakukan penelitian tentang penambahan abu tebu yang digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton ringan, beton biasa, dan beton SCC. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap sifat mekanik spesimen beton, kuat tekan beton, kuat tarik beton, ketahanan dampak, *workability*, penyerapan air, dan UPV dengan menambahkan abu tebu dengan kadar 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, dan 25 %. Hasil dari pengujian terhadap bahan tersebut didapat hasil penambahan 5 % abu tebu sebagai pengganti semen mengalami kenaikan pada kuat tekan dan kuat tarik pada beton biasa dan beton ringan, lalu pada penambahan 5 % abu tebu pada beton ringan dan *self compaction* menyebabkan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 50 %. Hasil dari pengujian tekan dari 3 jenis beton dengan penambahan kadar abu tebu yang sama menunjukkan bahwa beton ringan memiliki nilai kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan dua jenis beton lainnya yaitu beton SCC dan beton biasa. Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu penambahan abu tebu sebagai pengganti semen dapat meningkatkan kinerja beton ringan lebih dari beton SCC dan beton biasa yang dibuat untuk percobaan ini. Nilai kuat tekan dari tiga jenis beton setelah ditambahkan abu tebu dengan kadar penambahan yang sama dapat dilihat pada Gambar 2.1 Nilai kuat tekan 3 jenis beton berbeda dibawah ini.



Gambar 2.1 Nilai kuat tekan 3 jenis beton berbeda (Zareei dkk, 2018)

Moretti dkk. (2018) melakukan penelitian tentang beton ramah lingkungan yang mengandung spesimen abu tebu sebagai bahan pengisi dalam produksi beton SCC. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah tebu dengan memanfaatkannya untuk hal yang lebih bermanfaat, contohnya dalam pembuatan beton. Pertumbuhan peminatan pasar untuk beton dan semen berkembang yang berbanding lurus dengan kadar CO₂ yang semakin banyak. Pergantian material beton dengan kadar karbon yang lebih sedikit merupakan salah satu pilihan untuk mengurangi kadar CO₂ yang terkandung dalam semen. Pada penelitian ini membuktikan bahwa abu tebu yang mengandung karbon, mineralogi dan ukuran partikel yang hampir sama kandungannya dengan semen dapat digunakan untuk memproduksi beton mutu tinggi, bahkan dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan beton. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa abu tebu dapat menggantikan sebanyak 30 % kebutuhan semen pada beton dan memiliki perbedaan pada nilai kuat tekan pada usia 28 hari dengan kisaran perbedaan antara 7 sampai 17 % dengan pengamatan selama 28 hari dan 91 hari. Hasil uji beton juga menunjukkan bahwa abu tebu dapat digunakan sebagai bahan pengganti untuk mengisi beton dengan kekuatan yang tinggi.

Menurut Jagades dkk. (2018) Negara berkembang seperti India, sekitar 960 juta ton limbah padat yang dihasilkan setiap tahun nya. Dari sektor pertanian menyumbang 13,64 % dari keseluruhan limbah, termasuk limbah ampas tebu. Pembakaran ampas tebu tidak berkontribusi pada emisi karbondioksida (CO₂) dan dapat dimanfaatkan abunya untuk campuran pembuatan beton. Benda uji dibuat dengan bentuk silinder dan diuji berat satuan serta kuat tekan pada beton umur 7 dan 28 hari. Ukuran silinder yang digunakan sesuai dengan perhitungan berat satuan campuran beton. Berdasarkan hasil yang didapat, hubungan antara kuat tekan silinder dan densitas/kerapatan berbanding lurus. Penggantian semen dengan menggunakan abu tebu pada penelitian ini meningkatkan nilai kuat tekan dengan presentase yang bervariasi, yaitu dari rentang 10% hingga 27,8% kenaikan.

Yu dkk. (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui daya tahan dan struktur mikro semen natrium silikat dengan air untuk pengikat rasio (w/b) setelah terpapar air laut. Benda uji *grout* disiapkan dengan

mencampurkan mortar semen *portland* biasa dan natrium silikat dengan berat 7,5% (dilarutkan dalam gelas) yang dipakai sebagai akselerator untuk mencegah pengenceran dan perpindahan selama injeksi untuk penguatan geologi dan pengendalian air. Struktur mikro diselidiki dalam hal morfologi dan struktur pori serta keretakan. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan *sodium silicate* sebanyak 4,4% sampai 5,7% dapat menaikkan 3% sampai 6% untuk nilai kuat lentur, dengan permeabilitas kuat tekan naik sebanyak 1,2 sampai 1,6 MPa.

Menurut Guiying dkk. (2018) insiden runtuhnya lubang bor, sedotan hisap, dan penurunan pipa bor akibat ketidakstabilan lubang bor dapat terjadi dalam proses pengeboran di lapisan batubara longgar untuk drainase tambang batubara sebelum penambangan. *grouting* pada saat pengeboran merupakan teknik yang digunakan untuk mengurangi insiden tersebut. Sodium silikat yang digunakan dalam *grouting* memiliki keuntungan dalam konsolidasi waktu yang terkendali, bahan tidak beacun, bau tidak menyengat dan relatif murah. Hasil eksperimen dari alat uji tradisional mengungkapkan bahwa semen batubara masih rendah setelah 45 menit sehingga membatasi penerapan dilapangan namun setelah 72 jam mengalami kenaikan kinerja.

Anagnostopoulos (2014) melakukan penelitian tentang penambahan bahan kimia pada campuran material pembuatan bahan *grouting*. Penelitian ini membahas tentang hasil laboratorium tentang bagaimana efek bahan kimia polikarboksilat terhadap sifat reologi, kekuatan, waktu mengeras beton, dan nilai *bleeding* pada semen *grouting* dengan tambahan bahan kimia *polynaphthalene*. Penelitian ini didasari pada penggunaan semen yang sangat banyak pada sebagian besar struktur bangunan. Percobaan ini dilakukan dengan perbandingan dosis bahan kimia yang ditambahkan dalam campuran proporsi semen *grouting* dengan kadar air dalam semen sebesar 0,33; 0,4; dan 0,5. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa bahan *grouting* dengan PCE memiliki nilai viskositas lebih tinggi. *Bleeding* mengalami peningkatan dan waktu pengerasan lebih lama dibandingkan dengan campuran SNF. Namun pada campuran PCE, beton *grouting* memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dengan perbandingan 0,33; 0,4; dan 0,5. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini.

Tabel 2.1 Kuat tekan dan modulus elastisitas (Anagnostopoulos, 2014)

Benda uji	Kuat Tekan (MPa)						Modulus Elastisitas (GPa)					
	SNF			PCE			SNF			PCE		
	Waktu Perendaman (Hari)						Waktu Perendaman (Hari)					
	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28
G1	12	16,4	22,5	13,2	19,6	25,4	1,9	2,1	2,3	2,1	2,3	2,6
G2	12,5	17,4	22,8	14,6	22,4	28,5	1,8	2,2	2,4	2,1	2,5	2,8
G3	11,5	18,2	24,1	14,9	26,1	32,6	1,7	2,3	2,5	1,9	2,7	2,9
G4	16,1	26,8	32,6	16,8	28,5	35,1	2,2	2,8	3,2	2,4	3	3,7
G5	18,3	26,7	33,8	19,5	27,9	36,5	2,3	2,9	3,1	2,5	3,2	3,9
G6	16,1	26	33,2	17	30,9	38,2	2,2	2,9	3,6	2,4	3,3	4,3
G7	24,1	36,4	44,5	26	37,3	47,2	2,8	3,3	3,9	2,9	4	4,4
G8	22,8	38	46,4	19,5	39,7	50,4	3,4	3,8	4,1	3,3	4,4	4,8
G9	19	43,5	55,1	17,5	45	58	3,3	4,5	4,9	3,2	4,7	5,2

Folagbade (2017) melakukan pengujian di laboratorium yang membahas tentang penambahan bahan campuran pada pembuatan beton dengan menambahkan abu, *silica fume*, dan *metakolin* sebagai bahan tambah semen. Penelitian ini digunakan nilai f_{as} sebesar 0,5 dengan menambahkan abu, *silica fume*, dan *metakolin* sebagai pengganti semen menggunakan perbandingan 20%, 35%, dan 55%. Beton yang dibuat pada penelitian ini dibuat dalam bentuk kubus dan diuji tekan awal pada saat umur beton 1, 2, 3, 5, dan 7 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan awal beton dengan bahan abu lebih rendah dibandingkan dengan campuran bahan lain yang diakibatkan karena panas dari reaksi hidrasi. Sedangkan nilai kuat tekan awal beton dengan bahan *silica fume* dan *metakolin* memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi daripada nilai kuat tekan beton dengan semen. Hasil pengujian kuat tekan dengan membandingkan beberapa campuran dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Hasil pengujian kuat tekan (Folagbade, 2017)

Campuran Bahan	Nilai Kuat Tekan (MPa)				
	1 Hari	2 Hari	3 Hari	5 Hari	7 Hari
100% Semen	12	24	32	39,5	43,5
80% Semen + 20% Abu	9,5	19	25,5	32	36

Tabel 2.2 Hasil pengujian kuat tekan (Folagbade, 2017) (Lanjutan)

Campuran Bahan	Nilai Kuat Tekan (MPa)				
	1 Hari	2 Hari	3 Hari	5 Hari	7 Hari
80% Semen + 15% Abu + 5% Met	10	20	27	34	39
80% Semen + 15% Abu + 5% SF	10	20,5	27,5	35	40
65% Semen + 35% Abu	6	12	16,5	21,5	25
65% Semen + 30% Abu + 5% Met	6,5	13,5	18,5	24	28
65% Semen + 25% Abu + 10% Met	7,5	15	20,5	26,5	31
65% Semen + 30% Abu + 5% SF	7	14	19,5	25	29,5
65% Semen + 25% Abu + 10% SF	7,5	15,5	21	27,5	33
45% Semen + 55% Abu	4	8	11	14	15,5
45% Semen + 45% Abu + 10% Met	4,5	9,5	13	17,5	20,5
45% Semen + 40% Abu + 15% Met	4,5	9	12,5	16,5	19,5
45% Semen + 45% Abu + 10% SF	5	10,5	14	19	22
95% Semen + 5% Met	10,5	21,5	30	38,5	43,5
90% Semen + 10% Met	10,5	22	30,5	39	44
85% Semen + 15% Met	10	20	28,5	37	42
95% Semen + 5% SF	11	22,5	31	39,5	44
90% Semen + 10% SF	11	23	3,5	40,5	45

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat perbedaan yang lebih jelas pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang

No	Judul	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
1	Formulasi dan kinerja bahan <i>grouting</i> untuk konstruksi terowongan pelindung bawah air di tanah kapur.	2018	Pengujian lab	Membahas tentang perbaikan beton dengan metode <i>grouting</i> menggunakan semen dan <i>bertonite aluminat</i> .	Membahas tentang sifat mekanik campuran bahan grout.

Tabel 2.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang (Lanjutan)

No	Judul	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
2	Perilaku mekanis pipa drainase dibawah beban lalu lintas sebelum dan sesudah perbaikan polimer <i>gouting</i> .	2018	Pengujian lab	Meneliti tentang perilaku mekanis pipa drainase sebelum dan sesudah perbaikan menggunakan metode <i>gouting</i> .	Meneliti tentang sifat mekanis bahan <i>grouting</i> dengan pengganti semen.
3	Pengaruh blok dan <i>grout</i> terhadap kuat tekan dan kekuatan prisma pasangan beton.	2018	Pengujian lab	Meneliti tentang campuran <i>grout</i> untuk meningkatkan kinerja elemen.	Menguji sifat mekanik campuran bahan <i>grout</i> dari <i>resin catalyst</i> dan abu tebu.
4	Struktur mikro, kekutan, dan daya tahan beton ramah lingkungan yang mengandung abu tebu.	2018	Pengujian lab	Penelitian penambahan abu tebu sebagai pengganti semen pada pembuatan beton ringan.	Meneliti sifat mekanik bah <i>grout</i> dari campuran abu ampas tebu dan <i>resin catalyst</i> .

Tabel 2.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang (Lanjutan)

No	Judul	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
5	Beton SCC dengan menggabungkan abu ampas tebu.	2018	Pengujian lab	Penelitian tentang pembuatan beton SCC ramah lingkungan dengan menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan tambah.	Penelitian bahan <i>grout</i> dari campuran abu ampas tebu lolos saringan 100 dengan <i>resin catalyst</i> .
6	Evaluasi sifat mekanis beton dari abu ampas tebu.	2018	Pengujian lab	Pengaruh nilai kuat tekan pada beton silinder dengan menambahkan abu ampas tebu saja.	Meneliti nilai kuat tekan bahann <i>grout</i> dengan menambahkan abu tebu dengan perbandingan tertentu.
7	Ketahanan <i>grouting</i> semen <i>sodium silicate</i> dengan rasio air terhadap pengikat yang tinggi di lingkungan laut.	2018	Pengujian lab	Penelitian tentang daya tahan beton dengan bahan tambah sodium silikat.	Penelitian tentang kuat tekan bahan <i>grout</i> dengan penambahan <i>resin catalyst</i> .

Tabel 2.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang (Lanjutan)

No	Judul	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan	
				Terdahulu	Sekarang
8	Kelayakan penggunaan <i>sodium silicate</i> sebagai bahan <i>grout</i> di bagian alas batubara yang longgar untu drainase metana	2018	Pengujian lab	Penelitian tentang kinerja batu bara setelah disuntikkan bahan <i>grout</i> dengan bahan tambah <i>sodium silicate</i> .	Penelitian tentang bahan <i>grout</i> dengan campuran <i>resin catalyst</i> dan abu ampas tebu terhadap kuat tekan.
9	Efek penambahan bahan kimia pada sifat fisik dan mekanik pada semen <i>grout</i> .	2014	Pengujian lab	Pengaruh penambahan bahan kimia <i>polikarboksilat</i> pada campuran bahan <i>grout</i> terhadap kekuatan beton.	Pengaruh campuran <i>resin catalyst</i> dan abu tebu terhadap kuat tekan dengan dengan perbandingan volume tebu 1:0,4, 1:0,53, 1:0,67, 1:0,8, dan 1:1.
10	Kinerja awal beton dengan mengkombinasi campuran semen.	2017	Pengujian lab	Penelitian tentang kinerja beton dengan menerapkan kombinasi campuran pada semen.	Penelitian tentang kekuatan bahan <i>grout</i> dengan bahan <i>resin catalyst</i> dan abu tebu.

Berdasarkan Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penelitia dengan judul “Studi Karakteristik Bahan Polimer *Grouting* Menggunakan Abu Tebu dan *Resin*

Catalyst” merupakan penelitian yang murni dan belum pernah ada yang melakukannya sebelumnya.

2.2.1. Dasar Teori

Penggunaan beton sebagai material konstruksi sangat sering digunakan karena memang bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dapat bertahan lama. Namun, seberapa bagus material yang digunakan dalam pembuatan beton pasti ada usia ketahanannya yang menyebabkan beton mengalami penurunan kinerja atau kerusakan seperti keretakan. Kerusakan pada beton dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti dari perencanaan, kesalahan dalam penggunaan material, dan atau pelaksanaan yang tidak sesuai dengan standar yang menyebabkan kerusakan pada beton seiring berjalannya waktu. Hal tersebut yang mengharuskan dilakukannya perbaikan pada beton agar dapat mengembalikan kinerja dan kekuatan beton yang mengalami kerusakan.

Cara untuk memperbaiki dan mengembalikan kekuatan beton menjadi seperti semula, salah satunya ialah dengan metode *grouting*, *Grouting* merupakan salah satu cara untuk memperbaiki keretakan pada beton dengan menyuntikkan bahan ke dalam beton yang mengalami keretakan sehingga dapat mengembalikan sedikit kekuatannya. Metode *grouting* memang mudah untuk dilakukan karena sifatnya yang cair sehingga mudah untuk disuntikkan ke bagian beton yang keretakan, namun bahan yang digunakan terbilang lebih mahal dibandingkan dengan semen biasa.

Penulis melakukan penelitian tentang bahan *grouting* menggunakan perbandingan antara campuran *resin catalyst* dan abu ampas tebu dengan menganalisis karakteristik dari bahan tersebut lalu menguji kuat tekan agar didapat mutu spesifikasi dari bahan-bahan tersebut.

2.2.2. Grouting

Grouting merupakan salah satu metode perbaikan pada kerusakan beton dengan memberikan cairan campuran antara air dan semen yang ditambahkan dengan cara memanfaatkan tekanan ke daerah beton yang keretakan dan nantinya cairan tersebut akan padat dengan sendirinya baik secara fisika maupun kimia (Udiana, 2013). *Grouting* bermanfaat untuk mengisi celah pada bagian beton

yang keretakan sehingga kerusakan pada beton dapat teratasi dan kekuatan beton dapat kembali seperti semula.

Bahan-bahan yang digunakan dalam metode *grouting* yaitu dapat berupa campuran suspensi, material kimiawi, dapat juga campuran antara suspensi dan kimiawi. Material suspensi yang digunakan yaitu hanya campuran air yang bebas dari kandungan lumpur dan semen saja. Namun semen yang digunakan untuk campuran *grouting* merupakan semen khusus yang harganya relatif mahal. Dalam penelitian ini *mix design* yaitu dengan melakukan *trial error* sampai mendapatkan hasil yang sesuai dengan nilai perbandingan volume antara *resin catalyst* dan abu tebu 1 : 0,4, 1 : 0,53, 1: 0,67, 1:0,8, 1:1.

2.2.3. Pengertian Abu Tebu

Menurut Ronny (2014) abu ampas tebu merupakan limbah yang berasal dari proses produksi gula yang memiliki kandungan kimia *silika* (SiO_2) yang tinggi ketika dibakar dengan suhu yang terkontrol. Abu tebu yang biasanya hanya sekedar dihampar di sawah tanpa ada pemanfaatan dapat menimbulkan pencemaran udara karena ukurannya yang sangat kecil sangat berbahaya untuk sistem pernafasan. Hal itu yang mengharuskan adanya pemanfaatan abu tebu. Abu tebu yang telah dibakar memiliki kandungan yang sama dengan komposisi semen dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan *grout*. Penggunaan abu tebu pada penelitian ini dapat memperkecil bahaya bagi sistem pernafasan makhluk hidup sehingga abu tebu akan lebih bermanfaat. Senyawa kimia dan presentase yang terkandung dalam abu ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Komposisi kimia abu ampas tebu (Sihotang, 2010)

Senyawa kimia	Presentase (%)
SiO_2	46-81
Al_2O_3	1-19
Fe_2O_3	2-12
CaO	2-4
K_2O	0,2-1,8
MgO	1-4
Na_2O	0,2-4
P_2O_5	0,5-4

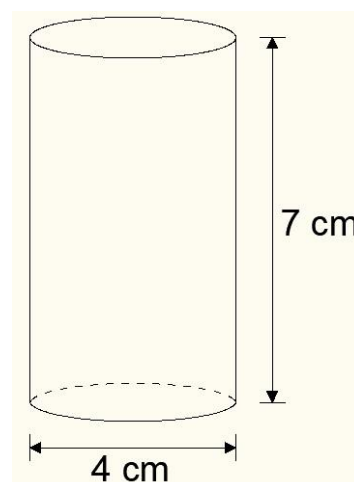
2.2.4. *Resin Catalyst* sebagai Bahan Tambah

Bahan tambah berfungsi untuk modifikasi sifat dan karakteristik dari beton seperti contohnya dalam hal *workability*, *setting time* yang lebih cepat, menambah nilai kuat tekan, dan lain sebagainya (Mulyono, 2003). Bahan tambah biasanya ditambahkan dalam jumlah yang relatif lebih sedikit dengan pengawasan yang sesuai agar penggunaannya sesuai dengan kebutuhan. *Resin catalyst* merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai bahan polimer dalam pencampuran beton. Penambahan bahan kimia *resin catalyst* dimaksudkan untuk mengurangi kebutuhan air di lapangan.

2.2.5. *Flowability*

1. *Slump Flow*

Pengujian *slump* (penyebaran) ini dilakukan untuk mengetahui seberapa encer campuran bahan yang telah dibuat sebelum campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan untuk diuji tekan atau sebelum campuran disuntikkan ke bagian beton yang mengalami keretakan. Nilai sebar yang baik yaitu antara $110 \pm 5\%$ (BSN, 2014), dimana semakin besar nilai penyebarannya menandakan bahwa campuran bahan semakin encer dan begitu juga sebaliknya. Apabila nilai penyebarannya semakin kecil menandakan bahwa campuran bahan semakin kental. Nilai *slump flow* dapat dihitung menggunakan perhitungan yang sesuai dengan Persamaan 2.1 dan alat yang digunakan dalam pengujian *slump flow* dengan menggunakan pipa sesuai standar dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Pipa uji *slump flow*

$$\text{Slump flow} = \frac{d1 - d0}{d0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

d1 : diameter sebaran terjauh (cm), dan

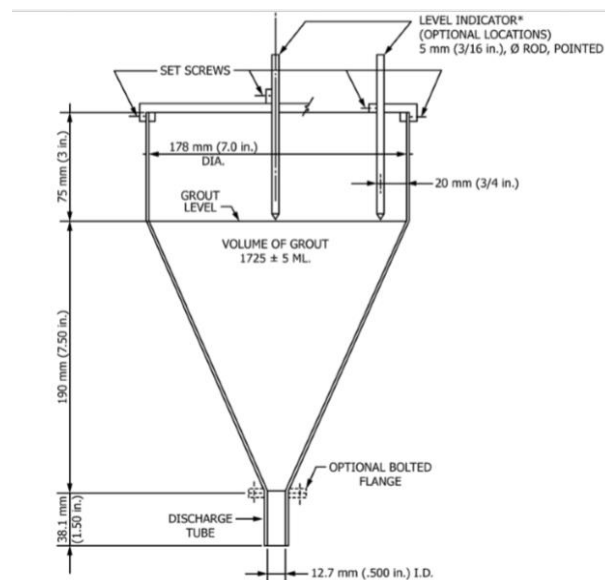
d0 : diameter pipa (cm).

2. Setting time

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan campuran bahan untuk mengeras ketika sudah dimasukkan ke dalam cetakan. Pengujian ini dilakukan dengan perkiraan waktu mengeras rata-rata untuk campuran bahan kimia *resin catalyst*.

3. Kecepatan alir

Pengujian kecepatan alir dilakukan dengan tujuan mengetahui seberapa kental campuran bahan yang sudah dibuat sesuai dengan *mix design* yang dinyatakan dalam satuan detik. Pengujian kekentalan dilakukan dengan menuangkan campuran bahan ke dalam alat uji sebanyak 1725ml. Pengujian ini dapat dilakukan menggunakan alat berupa penampang arus kerucut yang sesuai dengan pedoman ASTM (2010) seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Penampang arus kerucut (ASTM, 2010)

2.2.6. Karakteristik Bahan *Grouting*

Pengujian karakteristik mekanika ini diperlukan agar mendapatkan nilai kuat tekan bahan *grout*, berat satuan, penyerapan dan *initial rate of suction*, kadar air, dan durabilitas. Persamaan pada pengujian diuraikan sebagai berikut ini.

1. Berat satuan

Berat satuan adalah perbandingan antara massa jenis suatu benda dengan volume benda tersebut yang dapat dicari dengan Persamaan 2.2 berikut ini.

$$Bs = \frac{Wb}{Vb} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

Bs : berat satuan,

Wb : berat benda uji (g), dan

Vb : volume benda (cm³).

2. Penyerapan air

Penyerapan air merupakan kemampuan suatu benda menyerap air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa persen air yang dapat diserap oleh benda uji yang telah direndam selama 24 jam dan pengujiannya mengacu pada ASTM (2013) yang dapat diketahui dengan Persamaan 2.3 berikut ini.

$$K = \frac{W - Wk}{Wk} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

K : penyerapan air (%),

W : berat benda setelah direndam selama 24 jam (g), dan

Wk : berat benda uji kering (g).

3. *Initial rate of suction (IRS)*

IRS merupakan kemampuan suatu benda menyerap air dalam kurun waktu tertentu. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui daya serap benda uji terhadap air dalam waktu satu menit dan nilai IRS dapat diketahui dengan Persamaan 2.4 berikut ini.

$$IRS = \frac{m2 - m1}{k} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

IRS : nilai air yang diserap benda dalam satuan waktu ($\frac{g}{\frac{menit}{193,55}}$ cm²),

m1 : massa benda setelah direndam (g),

m2 : massa benda sebelum direndam (g), dan

k : koefisien dengan nilai $\frac{193,55}{Luas Area}$.

4. Kadar air

Kadar air adalah perbandingan antara berat benda sebelum dioven dengan berat benda kering oven dengan standar pengujian sesuai dengan ASTM (2013). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam benda uji yang dinyatakan dalam persen (%). Nilai kadar air dihitung dengan Persamaan 2.5 berikut ini.

$$\text{Kadar air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

W_b : berat benda sebelum dioven (g), dan

W_k : berat benda kering oven (g).

5. Porositas

Porositas merupakan ruang kosong diantara partikel didalam tumpukan kompos (Widarti, 2015). Nilai porositas dapat dihitung dengan Persamaan 2.6 berikut ini.

$$\text{Porositas} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

A : berat benda uji (gram),

B : berat benda uji (SSD) (gram), dan

C : berat benda uji kering oven (gram).

6. Kuat tekan

Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mengetahui mutu dari bahan yang digunakan. Kuat tekan mortar dapat dipengaruhi oleh air dan nilai FAS. Semakin banyak air yang terkandung maka kuat tekan rendah, begitu juga jika nilai FAS, karena air yang terkandung juga makin bertambah. Dalam pengujian ini akan dicari nilai kuat tekan bahan *grout* pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari dengan Persamaan 2.7 berikut ini.

$$f_c = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan:

f_c : kuat tekan (MPa),

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

A : luas penampang (cm^2).