

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan umum

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang sangat sering dipakai untuk kebutuhan material suatu infrastruktur. Dalam perkembangannya beton telah banyak di modifikasi dengan sedemikian rupa, seperti beton dengan mutu tinggi, beton ringan, beton pra-cetak.

2.2 Beton

Menurut Sagel dkk (1993) beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan semen dan air. Campuran beton akan menjadi keras. Pengerasan pada campuran terjadi akibat adanya reaksi kimia antara air dan semen.

2.3 Bahan tambah

Bahan tambah berfungsi untuk mengubah sifat beton yang dihasilkan. Pada umumnya, bahan tambah untuk beton dibagi menjadi dua, yaitu bahan tambah kimia dan bahan tambah mineral.

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) bahan kimia pembantu dan bahan-bahan lain merupakan bahan tambahan kepada beton. Jumlahnya relatif sedikit tetapi pengaruhnya cukup besar pada beton sehingga banyak digunakan. Oleh sebab itu penggunaannya harus teliti. Bahan kimia pembantu ditambahkan ke dalam adukan beton sebelum atau selama proses pengecoran.

Bahan tambah mineral saat ini banyak ditambahkan ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi temperature akibat reaksi hidrasi, mengurangi *bleeding* atau menambah kelecakan beton segar. Contoh bahan tambah mineral pada beton seperti *pozzolan*, *fly ash* dan serat (Tjokrodimulyo, 2007).

Tetes tebu atau juga dikenal dengan istilah ilmiah molasse adalah produk sisa pada proses pembuatan gula. Untuk membuat gula, batang tebu yang sudah dipanen akan diolah dengan mesin pemeras. Setelah itu, air perasan tebu tersebut disaring, dimasak, dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir yang biasa dikenal. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90% dan sisanya berupa Tetes tebu (molasse) dan air. Tetes tebu dapat dimanfaatkan kembali dan digunakan oleh berbagai industri seperti pabrik alkohol, pabrik pakan ternak, pabrik kecap, pabrik penghasil pemanis dan penyedap rasa (Nau, 2013).

Menurut Olbrich (2006) dikutip dalam Agus Santoso (2012), limbah tetes tebu mengandung 32% sukrosa, 14% glukosa dan 16% fruktosa sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah campuran beton. Tetes tebu mempunyai fungsi sebagai bahan yang memperlambat waktu ikat pada beton dan menambah kuat tekan beton (Santoso, 2012).

2.4 Penelitian terdahulu

Santoso (2012) telah melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah tetes tebu pada beton yang bertujuan untuk mengetahui nilai *workability* beton, kuat tekan beton, dan kuat tarik belah beton dengan berbagai variasi penambahan limbah tetes tebu. Variasi penambahan limbah tetes tebu yaitu 0%, 0,2% dan 0,8%. Pengujian memakai benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300mm. Hasil yang diperoleh yaitu terjadi peningkatan kelecakan beton yang berbanding lurus dengan takaran tetes tebu. Peningkatan nilai *slump* yaitu 7,5 cm pada beton normal, 10,8 cm pada variasi 0,2% dan 13,4 cm pada variasi 0,8%. Kuat tekan maksimum beton mencapai 28,59 MPa pada variasi penambahan limbah tetes tebu 0,2%. Kuat Tarik belah maksimum mencapai 2,74 MPa pada variasi penambahan limbah tetes tebu 0,2%.

Syahnan (2014) telah melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah tetes tebu sebagai bahan tambah dalam campuran beton yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tetes tebu terhadap waktu ikat semen, nilai *slump*, mutu kuat tekan beton dan kuat Tarik beton. Variasi penambahan limbah tetes tebu yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat semen. Benda uji

yang dipakai yaitu silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Penelitian ini memperoleh hasil waktu ikat semen 170 menit dengan variasi 0%, 215 menit dengan variasi 0,25%, 235 menit pada variasi 0,5%, 250 menit dengan variasi 0,75% dan 280 menit dengan variasi 1%. Nilai *slump* yang didapat dari pengujian yaitu 10 cm pada variasi 0%, 12 cm pada variasi 0,25%, 13cm pada variasi 0,5%, 15cm pada variasi 0,75 cm dan 17 cm pada variasi 1%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum beton yang diperoleh yaitu 31,9 MPa pada umur beton 28 hari dengan variasi tetes tebu 0,25% dan 28,14 MPa pada umur beton 14 hari dengan variasi tetes tebu 0,25%. Kuat Tarik belah beton maksimum yang didapat dari hasil penelitian yaitu 7,02 MPa pada umur beton 28 hari dengan variasi tetes tebu 0,5% dan 5,8 MPa pada umur beton 14 hari dengan variasi tetes tebu 0,5%.

Nau (2013) telah melakukan penelitian tentang perbandingan kuat tekan beton normal pada beton dengan campuran tetes tebu yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dan nilai faktor umur perawatan pada beton. Variasi penambahan limbah tetes tebu yaitu dan 0,5%. Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji yang dipakai yaitu kubus dengan ukuran 15x15x15 cm. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut yaitu untuk beton tanpa tetes tebu pada umur 28 hari mencapai 328,4 kg/cm² dan untuk beton dengan variasi penambahan limbah tetes tebu 0,5% pada umur 28 hari mencapai 301 kg/cm².

Ismunandar dkk (2016) telah meneliti tentang pemanfaatan tetes tebu sebagai bahan tambah pada beton yang bertujuan untuk menguji waktu pengerasan (*setting time*), menguji susut beton, menguji porositas, menguji kuat tekan beton, menguji kuat Tarik belah beton dan menguji modulus elastisitas beton. Variasi campuran yang dipakai yaitu penambahan tetes tebu 0,05%,0,4%, dan 1%. Benda uji yang dipakai yaitu silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil yang didapat dari penelitian diumur beton 28 hari yaitu pada beton tanpa bahan tambah didapat kuat tekan sebesar 35,93 MPa, pada benda uji penambahan tetes tebu 0,05% didapat kuat tekan sebesar 37,14 MPa, pada benda uji penambahan tetes tebu 0,4% didapat kuat tekan sebesar 36,44 MPa, dan pada benda uji penambahan tetes tebu 1% didapat kuat tekannya

sebesar 22,85 MPa. Pada pengujian kuat tarik belah diumur 28 hari untuk benda uji beton tanpa bahan tambah, nilai kuat tarik belah adalah sebesar 4,24 MPa, pada benda uji tetes tebu 0,05% didapat kuat tarik belah 4,54 MPa, pada benda uji tetes tebu 0,4% didapat kuat tarik belah 3,84 MPa, pada benda uji tetes tebu 1% didapat kuat tarik belah 3,65 MPa. Komposisi yang memiliki kondisi paling rapuh yaitu pada komposisi tetes tebu 1 % kemudian tetes tebu 0,4 %, dan terakhir tetes tebu 0,05%. Semakin besar penambahan tetes tebu (molase) maka semakin lama waktu ikat awal dan waktu ikat akhir pada campuran pasta tersebut. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menambahkan tetes tebu komposisi dari 0,05% - 1% dapat mempengaruhi setting time.

2.5 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

Perbedaan penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Saat Ini Dilakukan

Peneliti Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Judul	Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu Sebagai Alternatif Pengganti <i>Set-Retarder</i> dan <i>Water Reducer</i> Untuk Bahan Tambah Beton	Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton	Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Yang Bercampur Tetes Tebu Untuk $f_c' = 24$ MPa	Pemanfaatan Tetes Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton	Pengaruh Limbah Tetes Tebu terhadap Waktu ikat, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.
Mutu Beton	25	20	24	25	25

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Parameter Yang Diuji	Nilai Slump, Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Beton	Waktu Ikat Semen, Nilai Slump, Kuat Tekan Beton, Kuat Tarik Belah Beton	Nilai Slump, Kuat tekan Beton dan Nilai Beton dan Nilai Faktor Umur Perawatan Beton	Pengujian Suhu, Waktu Ikat, Susut Beton, Porositas Beton Kuat Tekan Beton, Kuat Tarik Belah Beton dan Modulus Elastisitas	Waktu Ikat, Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton
Metode Pengujian	Pengujian ini menggunakan benda uji silinder	Mutu rencana beton adalah f'c 20 MPa dengan	Benda uji untuk umur beton 7, 14, 28, beton normal	Penelitian berupa percobaan dengan benda uji silinder	Pengujian ini menggunakan silinder

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Metode Pengujian	berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian slump berdasarkan SNI 03-1972-1990 dengan menggunakan kerucut abrams dengan tebal 1,2 mm, tinggi 305 mm Dan diameter 102	benda uji silinder beton ϕ 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi penambahan tetes tebu yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari penggunaan semen. Pembuatan benda uji menggunakan	(beton tanpa tetes tebu) 21 sampel dan beton yang ditambahkan tetes tebu 0,5 % dari jumlah semen adalah 21 sampel. Mutu beton rencana pada penelitian ini yaitu 24 MPa.	15 cm x 30 cm sebanyak 147 buah. Perencanaan komposisi campuran menggunakan SNI 03-2834-2002. Setelah beton yang dicor berumur 1 hari, bekisting dibuka kemudian	Dengan ukuran 15 x 30 cm. mix desain menggunakan SNI 03-2834-2000. Sampel yang dipakai yaitu 54 buah yang terdiri dari 27 kuat tekan dan 27 kuat tarik belah, variasi yang dipakai yaitu 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,35%, 0,4%, 0,45%

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Metode Pengujian	. Beton di masukkan ke dalam silinder lalu dipadatkan. Setelah berumur 1 hari beton dilepaskan dari silinder yang digunakan dan di rendam kedalam air. Untuk pengujian kuat tekan beton	metode Departemen Pekerjaan Umum yang berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Dari hasil perhitungan <i>mix design</i> diperoleh perbandingan campuran beton antara	Penelitian ini menggunakan benda uji kubus yang berukuran 15x15x15 cm. Setelah dilakukan Pembuatan benda uji, beton direndam dengan variasi rendaman yang telah ditentukan.	direndam kedalam air. Pengujian suhu berdasarkan SNI 03-4807-1998. Langkah-langkah pengujian tes waktu pengerasan berdasarkan SNI 03-6827-1998	0,5%, 0,55%. Pada setiap variasi membutuhkan 3 sampel untuk setiap pengujian. Setelah melakukan mix design lalu dilakukan pengadukan, setelah pengadukan sesuai dengan perencanaan campuran, lalu

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Metode Penelitian	mengacu pada SNI 03-1974-1990 dan untuk uji kuat tarik belah beton mengacu kepada ASTM C496-90	semen : pasir : kerikil : air = 1,00 : 1,87 : 2,80 : 0,48	Setelah direndam lalu benda uji tersebut dilakukan uji kuat tekan.	. Langkah-langkah pengujian tes waktu pengerasan bersdasarkan SNI 03-6827-2002. Benda uji untuk kuat tekan dan kuat Tarik belah beton	Beton dimasukkan kedalam silinder dan dipadatkan. Setelah 24 jam bekisting dilepaskan dan sampel direndam didalam air selama 26 hari. Setelah 26 hari beton dapat diuji kuat tekan dan kuat tarik belahnya.

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Metode Penelitian				dilakukan pada beton berumur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari.	
Hasil Penelitian	Dari hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan keleccakan beton. yang berbanding lurus dengan	Dari hasil penelitian waktu ikat semen diperoleh hasil bahwa semakin banyak penambahan	Dari penelitian yang dilakukan di laboratorium bton normal dan beton dengan tetes tebu 0,5% untuk mendapatkan nilai	Pada Pengujian Kuat Tekan Beton untuk benda uji Beton Normal Tanpa Additive Nilai Kuat Tekan	Penambahan limbah tetes tebu menyebabkan campuran beton menjadi lebih mudah untuk dikerjakan,

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian	penambahan takaran tetes tebu. Peningkatan ditunjukkan oleh nilai slump yaitu 7,5 cm pada beton normal, 10,8 cm pada variasi penambahan 0,2% tetes tebu dan 13,4 cm pada variasi penambahan 0,8	semakin lama waktu ikat awal dan waktu ikat akhirnya. Waktu ikat awal dan waktu ikat akhir terlama terdapat pada variasi penambahan tetes tebu 1% yaitu 270 menit. Hasil pengujian sl	beton dan nilai konversi beton pada konversi ke umur 28 hari. Nilai kuat Tekan beton rata-rata pada umur 7 hari = 306,4 kg/cm ² , pada umur 14 hari = 323,4 kg/cm ² , dan pada umur 28	Sebesar 35,93 Mpa, pada benda uji Tetes Tebu 0,05% terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 3%, pada benda uji tetes tebu 0,4% terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 1%. Pada pengujian	Ditunjukkan dengan bertambahnya nilai slump dari 90 mm menjadi 110 mm sampai 160 mm. persentase optimum penambahan limbah teets tebu pada kuat tekan beton terdapat pada variasi 0,35% dengan nilai kuat tekan sebesar 33,268 MPa.

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian	tetes tebu. Pada pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa adanya peningkatan kekuatan. Hal ini ditunjukkan dengan grafik yang menjelaskan pada beton normal kuat teka	kesimpulan bahwa meningkatnya persentase tetes tebu, maka nilai slump semakin naik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai slump pada beton normal yaitu 10 cm sedangkan nilai slump dengan penambahan tetes	hari =328,4 kg/cm2 sedangkan nilai kuat tekan beton rata-rata beton dengan tetes tebu 0,5% pada umur 7 hari = 217,2 kg/cm2, pada umur 14 hari = 266,7 k kg/cm2,dan pada	kuat tarik belah untuk benda uji beton normal tanpa additive nilai kuat tarik belah sebesar 4,24 Mpa, pada benda uji tetes tebu 0,05% terjadi peningkatan kuat tarik belah	persentase optimum penambahan limbah teets tebu pada kuat tarik belah beton terdapat pada variasi 0,4% dengan nilai kuat tekan sebesar 4,513 MPa. Terjadi peningkatan 24,489% dari kuat tekan beton tanpa bahan tambah.

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian	20,43 MPa, beton dengan variasi 0,2% mencapai 28,59 MPa dan beton dengan variasi 0,8% mencapai 20,43 MPa. Begitu juga dengan kuat tarik belah beton yakni 2,43 MPa pada beton normal	tebu 1% yaitu 17 cm. Hasil uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa pada umur 14 hari terjadi peningkatan kuat tekan beton pada variasi penambahan tetes tebu 0,25%. dengan 28,14 MPa dan 0,5% dengan 25,09 MPa	umur 28 hari = 301,0 kg/cm ²	sebesar 7,10%. jika dibandingkan dengan beton normal tanpa additive, pada benda uji tetes tebu 0,4% terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 9,41%,	Nilai optimum pada kuat tekan dan kuat tarik belah ditemukan berbeda, hal ini terjadi karena sampel yang sedikit untuk setiap variasinya. Waktu ikat maksimum yang diperoleh dari beton yaitu 330 menit pada

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian	, 2,74 MPa pada variasi 0,2% dan 2,48 MPa pada variasi 0,8%.	dibandingkan dengan beton normal dengan 22,74 MPa. Begitu juga pada umur 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan beton pada variasi penambahan tetes tebu 0,25% dengan 31,9 MPa dan 0,5%		pada benda uji tetes tebu 1% terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 13,92%. Semakin besar penambahan tetes tebu (<i>molase</i>) maka semakin lama waktu ikat awal dan waktu ikat akhir	Variasi 0,55%.

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian		dengan 29,44 MPa dibandingkan dengan beton normal dengan 22,42 MPa. Hal sama terjadi pula pada pengujian kuat Tarik belah beton. Pada umur 14 hari didapat 3,75 MPa untuk beton normal, 4,84 pada variasi tetes tebu 0,25% dan 5,8 MPa pada variasi		pada campuran pasta tersebut.	

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

Lanjutan Tabel 2. 1 Hasil Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Saat Ini Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Saat Ini
Peneliti	Santoso (2012)	Syahnan (2014)	Nau (2013)	Ismunandar, Mungok, Supriyadi (2016)	Dindha Bayu Andriansyah (2018)
Hasil Penelitian		0,5%. Pada umur 28 hari didapat 6,13 MPa untuk beton normal, 6,76 pada variasi tetes tebu 0,25% dan 7,02 MPa pada variasi 0,5%.			

Sumber : Santoso (2012), Syahnan (2014), Nau (2013), Ismunandar, Mungkok, Supriyadi (2016)

2.6 Keaslian Penelitian

Dari perbandingan penelitian di atas, maka penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah tetes tebu terhadap waktu ikat, kuat tekan dan kuat Tarik belah beton dengan variasi penambahan limbah tetes tebu berturut-turut 0%, 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,35%, 0,4%, 0,45%, dan 0,5% belum pernah dilakukan.