JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275

https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 2 No. 1 Tahun 2026, pp. 97-102

PENGARUH LIMBAH TETES AIR TEBU TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN BETON NORMAL

Andhika Mahendra[1], Maria F. Nobella[2], Rian Darmawan[3], dan Filki Suri Widyatami[4]

[1,3,4]*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tanri Abeng, Jl. Swadarma Raya No.58, Kota Jakarta Selatan*
Email: andhika@tau.ac.id, rian.darmawan@tau.ac.id, filki.widyatami@tau.ac.id
[2] *Program Studi Rekayasa Transportasi Laut, Sekolah Tinggi Ilmu Maritim "AMI",Jl. Pacuan Kuda, Jakarta*
Email: maria.fransisca@stimar.ac.id

ABSTRACT

Damage to concrete structures that is cracking and porous. One of the damage factors is the setting time of the concrete which is too fast. The use of chemicals in the mechanical properties of concrete is well known, however, there is the waste released to make these chemicals. The waste material that can be used to overcome this problem is sugarcane molasses waste. The aim of this research is to determine the effect of sugarcane molasses waste on the setting time and its effect on the compressive strength of normal concrete. This research uses an experimental method and the variations taken are from the percentage content of sugarcane molasses waste. They are 1%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10%. This research showed that the addition of sugar cane molasses waste resulted in an increase in the slump and setting time. The optimum value of slump and setting time was obtained at a variation of 7.5%. The result of compressive strength of concrete which is able to approach the compressive strength value of normal concrete is a variation of 1% where, other variations experience segregation due to the concrete bond still not being perfect.

Keywords: concrete compressive strength, setting time, slump, sugar cane molasses waste

ABSTRAK

Kerusakan struktur beton yang sering dijumpai adalah retak dan keropos. Salah satu faktor kerusakan yang terjadi adalah waktu pengerasan beton (*setting time*) yang terlalu cepat. Pemanfaatan bahan kimia dalam sifat mekanis beton ini sudah terkenal digunakan namun, hal tersebut memberikan masalah baru yaitu dari limbah yang dikeluarkan untuk membuat bahan kimia tersebut. Bahan limbah yang bisa dipakai untuk mengatasi masalah ini adalah limbah tetes air tebu. Pemanfaatan limbah ini diharapkan mampu mengurangi limbah yang ada dan tidak menimbulkan limbah baru akibat pembuatan bahan tambah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah tetes air tebu terhadap setting time beton normal dan pengaruhnya terhadap kuat tekan beton normal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, di mana akan dilaksanakan pengujian terhadap bahan-bahan pembuatan beton serta sampel-sampel yang sudah ditentukan. Variasi-variasi yang diambil adalah dari kadar persentase limbah tetes air tebu. Variasi tersebut dimulai dari 1%, 2,5%, 5%,7,5% dan 10%. Penelitian ini menghasilkan bahwa penambahan limbah tetes air tebu mengakibatkan bertambahnya nilai slump dan setting time. Nilai optimum dari slump dan setting time didapatkan pada variasi 7,5%. Hasil kuat tekan beton yang mampu mendekati nilai kuat tekan beton normal adalah variasi 1% dimana, variasi lainnya mengalami segregasi akibat ikatan beton masih belum sempurna.

Kata kunci: limbah tetes air tebu, *setting time*, *slump*, kuat tekan beton, beton normal

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur berupa gedung, jembatan, jalan tol, dan lain-lain. di Indonesia sering dijumpai bangunan dengan menggunakan struktur beton. Menurut Tjokrodimuljo (1992) beton memiliki beberapa keuntungan dan kerugian. Salah satu kerugian beton yaitu beton segar dapat mengalami pengerutan saat kering dan beton keras dapat mengalami pengembangan saat basah. Hal yang cukup mempengaruhi kondisi tersebut adalah waktu pengerasan beton (*setting time*). Waktu pengerasan beton ini sangat berpengaruh terhadap proses konstruksi struktur beton. Hal ini disebabkan karena apabila pengerasan lebih cepat, maka beton tidak dapat dibentuk dan terjadi kegagalan berupa keropos maupun retak terhadap beton. Pada proses pengecoran hal ini juga mengakibatkan kerugian yang besar terhadap kontraktor maupun *batching plant* yang menyediakan.

Proses konstruksi maupun pasca konstruksi sering kali menghadapi berbagai masalah, seperti kerusakan beton yang menyebabkan penurunan kekuatan

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 2 No. 1 Tahun 2026, pp. 97-102

struktur bangunan. Salah satu faktor penyebab kerusakan ini adalah proses pemadatan (*vibrator)* yang kurang optimal, yang diakibatkan oleh waktu pengaturan beton yang terlalu cepat (Saputra et al., 2014). Maka dari itu, permasalahan ini harus segera diatasi, yaitu dengan memberikan bahan tambah (*admixture*) berupa cairan *superplasticizer*. Bahan tambah tersebut merupakan campuran beberapa bahan kimia yang mampu memperlambat waktu pengerasan beton. Namun, kekurangan penggunaan bahan kimia dapat menyebabkan limbah dari proses pembuatannya. Limbah-limbah tersebut dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan tambah ataupun subtitusi komponen beton. Hal ini dilakukan agar mengurangi limbah. Salah satu contoh pemanfaatan limbah yaitu penelitian dari Wibowo et al. (2025) yang meneliti tentang pemanfaatan limbah kaca dan granit sebagai subtitusi agregat halus pada beton. Namun, hasil yang diperoleh masih mengalami penurunan kuat tekan beton. Selain limbah industri, bahan organik maupun limbahnya juga dimanfaatkan dalam pembuatan beton. Penelitian dari Mandela et al. (2023) yang memanfaatkan bahan alam yaitu kulit pohon beringin untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan beton. Hasil dari pemanfaatan bahan alam ini adalah peningkatan kulit pohon beringin yang digunakan mempengaruhi kadar air yang diperlukan beton. Namun penelitian-penelitian tersebut tidak menguji terkait setting time beton.

Dalam upaya pemanfaatan limbah bahan alam, menurut Santoso et al. (2016) salah satu limbah yang dapat digunakan untuk menjadi bahan tambah dalam usaha memperlambat waktu pengerasan beton adalah tetes air tebu. Penelitian yang sudah dilakukan oleh Santoso et al. (2016) menghasilkan bahwa limbah tetes air tebu mampu memperlambat waktu pengikatan beton pada persentase hingga 0,6%. Menurut Ismunandar et al. (2016) beton dengan penambahan limbah tetes air tebu dengan persentase mencapai 0,4% mampu menaikkan kuat tekan beton dan memperlambat waktu pengerasan beton. Ansori et al. (2019) telah melakukan penelitian pengaruh limbah tetes air tebu ini dengan persentase 10%, 20%, dan 30%. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa persentase optimum untuk penambahan limbah tersebut untuk peningkatan kuat tekan beton yaitu 10%. Penelitian dari Hasan dan Al-Hasan et al. (2020) menghasilkan bahwa peningkatan kuat tekan beton terbaik dihasilkan oleh penambahan limbah tetes air tebu dengan persentase 0,4%. Aziz et al. (2022) telah melakukan penelitian dengan hasil penambahan 0,4% tetes tebu menampilkan hasil terbaik dalam peningkatan kuat tekan beton. Penelitian yang telah dilakukan oleh Edwin et al. (2022) menjelaskan bahwa penambahan tetes tebu sebanyak 0,6% memberikan peningkatan kuat tekan beton tertinggi dan waktu ikat beton terlama. Berdasarkan Fauzan et. Al (2023), variasi penambahan 0,075% *molasse* dan 26% kapur alam mendapatkan hasil terbaik karena mampu melewati hasil rencana. Menurut Haris et al. (2021), subtitusi bottom ash sebesar 5% dan 10% mencapai kuat rencana dan penambahan *molasse* sebanyak maksimal 4% mampu memperlambat pengerasan. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penggunaan limbah tersebut untuk meningkatkan waktu pengerasan beton dan kuat tekan beton dinilai cukup efektif. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan melakukan studi terkait pengaruh limbah tetes air tebu terhadap waktu pengerasan beton dan kuat tekan beton dengan persentase yang mampu menghasilkan nilai optimum dan akan dibandingkan dengan penggunaan bahan tambah kimia sebesar 1% (*superplasticizer*) yang telah diteliti oleh Ismunandar et al. (2016) serta penelitian ini diharapkan mampu mengurangi limbah tetes air tebu.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Uji laboratorium yang dilakukan berupa *setting time*, *slump*, dan kuat tekan beton. Selain pengujian beton yang dilakukan, bahan penyusun beton juga perlu disiapkan dengan baik hingga perhitungan *mix design* yang diperlukan. Serta perawatan benda uji dilakukan selama 28 hari dengan merendam benda uji dengan air.

Setting Time Beton

Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2008, waktu pengerasan beton terjadi secara bertahap sehingga memerlukan pendekatan evaluasi yang fleksibel. Metode uji ketahanan penetrasi mengukur waktu yang diperlukan mortar untuk mencapai nilai ketahanan penetrasi tertentu, yang kemudian digunakan untuk menentukan waktu pengerasan beton. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan waktu pengikatan awal dan akhir dari bahan pengikat beton konvensional. Standar untuk pengujian waktu setting diatur dalam Badan Standarisasi Nasional (BSN), yang menjelaskan metode penggunaan alat Vicat untuk keperluan konstruksi. Waktu pengikatan awal dapat diketahui dari diagram waktu penetrasi, di mana jarum *Vicat* melakukan penetrasi hingga kedalaman 25 mm.

Pengujian *Slump*

Beton segar adalah campuran beton yang terbuat dari plastik, agregat halus, agregat kasar, semen dan air yang dapat ditambahkan bahan pengisi. Hasil beton adalah pengukuran penurunan tinggi antara permukaan atas beton, diukur segera setelah cetakan yang diukur dikeluarkan untuk pengujian kemerosotan. Semakin tinggi depresinya, semakin tipis dan mudah beton tersebut dikerjakan. Sebaliknya; apabila nilai slump semakin kecil, maka beton menjadi semakin tebal dan sulit dalam pengerjaannya. Nilai reduksi diperoleh dari selisih tinggi alat uji dengan jatuhnya benda uji; semakin

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 2 No. 1 Tahun 2026, pp. 97-102

besar pengurangannya maka semakin besar pula nilai fungsinya menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2008.

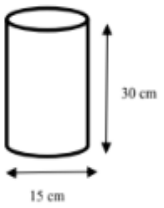
Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton merupakan indikator dari kualitas struktur beton. Semakin tinggi kekuatan yang dibutuhkan untuk struktur, semakin baik mutu beton yang harus dihasilkan (Mulyono, 2004).

Menurut ASTM C39 tahun 1993 tentang standar pengujian kuat tekan beton silinder dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diperoleh dengan luas permukaan benda uji. Secara matematis persamaan kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (1) sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:
f'_c = kuat tekan (MPa)
A = luas bidang tekan benda uji (mm^2)
P = beban tekan (N)



Gambar 1. Rencana Beton

Bahan Penyusun Beton

Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2019, beton merupakan bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Sementara itu, berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2019, beton merupakan kombinasi Material dari semen portland atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan (*admixture*).

Menurut Tjokrodimuljo (1992), beton adalah material konstruksi yang dihasilkan dari campuran semen *portland*, air, dan agregat (kadang-kadang dengan bahan tambahan yang sangat bervariasi, seperti dari bahan kimia, serat, sampai bahan buangan non-kimia).

Semen *Portland*

Semen *portland* adalah bahan pengikat penting yang sering digunakan dalam pembangunan fisik. Sebenarnya, ada berbagai jenis semen di dunia, dan masing-masing jenis digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu, mengikuti sifat-sifat khususnya. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar membentuk massa yang kompak/padat. Selain itu, beton juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butiran agregat (Tjokrodimuljo, 1992).

Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil yang diperoleh dari proses disintegrasi alami batuan atau dari hasil industri pemecah batu, dengan ukuran butir berkisar antara 5 mm hingga 40 mm berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) tahun 2019. Agregat ini harus bersih.

Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang memiliki butir yang lewat saringan 4,75 mm atau ayakan no.4, dengan butirnya berukuran antara 0,15 sampai 5 mm. Ukuran agregat berperan penting dalam menentukan jumlah semen dan air yang dibutuhkan untuk membuat satuan beton.

Air

Air merupakan bahan utama dalam produksi beton termurah. Peran air dalam proses ini adalah mengaktifkan reaksi semen dan pelumas antar butiran agregat. Untuk mengaktifkan semen, air hanya memerlukan sekitar 25-30% dari berat semen. Namun dalam prakteknya, jika perbandingan air-semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35, maka campuran beton menjadi sulit untuk dikerjakan. Karena itu. rasio air dan semen umumnya lebih tinggi dari 0,40, yang mengakibatkan kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air berfungsi sebagai pelumas sehingga memperlancar proses pengerjaan campuran beton. Namun semakin besar jumlah air maka kemungkinan beton menjadi keropos atau banyak rongga semakin besar sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton, seperti yang diungkapkan oleh Tjokrodimuljo tahun 1992.

Mix Design

Berdasarkan perhitungan rencana campuran adukan beton dengan penambahan limbah tetes tebu dihitung berdasarkan (SNI 03-2843-2000), maka diperoleh kebutuhan per m3 campuran beton sebagai berikut:

Tabel 1. Proporsi Campuran Adukan Beton untuk Setiap Variasi

Kode	Volume 1x campuran (m^3)	Komposisi Bahan				
		Semen (kg)	Pasir (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Limbah Tetes Tebu
BN	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	0
BAT 1,0%	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	0,079
BAT 2,5%	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	0,197
BAT 5%	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	0,675
BAT 7,5%	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	1,013
BAT 10%	0,0265	7,869	13,503	23,489	4,667	1,350

Benda Uji

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Presiden dengan menggunakan 18 buah benda uji silinder berukuran 15x30 cm, yang masing-masing akan diuji setelah umur 28 hari. Beton yang digunakan ditargetkan

JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 2 No. 1 Tahun 2026, pp. 97-102

memiliki kuat tekan sebesar 25 MPa. Sampel yang akan diuji adalah beton normal yang dicampurkan dengan tetes air tebu dengan variasi persentase 1%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Rincian rencana jumlah beton dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Proporsi Campuran Adukan Beton untuk Setiap Variasi

No	Benda Uji	Persentase Air Tebu	Rencana Kuat tekan Beton	Umur Beton	Jumlah
1	BN	0%	25 Mpa	28 hari	3
2	BAT 1	1%	25 Mpa	28 hari	3
3	BAT 2	2,5%	25 Mpa	28 hari	3
4	BAT 3	5%	25 Mpa	28 hari	3
5	BAT 4	7,5%	25 Mpa	28 hari	3
6	BAT 5	10%	25 Mpa	28 hari	3
Total Benda Uji					18

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *Slump*

Pada pengujian beton segar, didapatkan *Slump test* sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil rata-rata pengujian slump

Variasi campuran	Tinggi *slump* (mm)		Rata - rata *Slump* (cm)
	1	2	
CN	11	13	12
BAT 1%	19	21	20
BAT 2,5%	24	24.4	24.2
BAT 5%	26.5	25.5	26
BAT 7,5%	26	28	27
BAT 10%	24.5	25.5	25

Dalam penelitian ini, pengujian nilai *slump* menunjukkan bahwa beton normal mencapai nilai slump sesuai dengan mix design yang direncanakan, berdasarkan SNI 03 2834:2000. Penambahan limbah tetes air tebu pada beton menyebabkan peningkatan nilai slump. Peningkatan slump ini terjadi hingga penambahan limbah tetes air tebu sebesar 7,5% dari berat semen. Namun variasi penambahan 10% limbah tetes air tebu, slump mengalami penurunan.



Gambar 3. Pengujian nilai *slump* beton yang menggunakan limbah tetes tebu



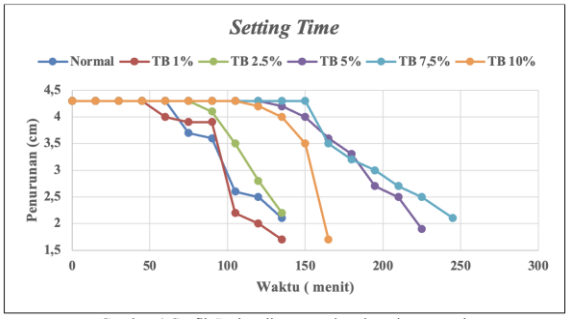
Gambar 4. Pengujian nilai *slump* beton normal

Nilai *Setting Time*

Hasil pengujian setting time didapat bahwa waktu ikat awal sampel 100% semen, 100% semen 1% tetes tebu, 100% semen 2,5% tetes tebu, 100% semen 5% tetes tebu, 100% semen 7,5% tetes tebu, 100% semen 10% tetes tebu berturut-turut adalah: 120 menit, 102 menit, 128 menit, 210 menit, 225 menit, 158 menit. Dilihat dari hasil pengujian setting time menghasilkan bahwa pada *setting time* 92.5% tetes tebu 7.5% memiliki waktu pengikatan paling lama. Dalam pengujian *setting time* disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Hasil pengujian Vicat test

Waktu (menit)	Normal (cm)	TB 1% (cm)	TB 2.5% (cm)	TB 5% (cm)	TB (cm)	TB 10% (cm)
0	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
15	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
30	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
45	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
60	4,3	4	4,3	4,3	4,3	4,3
75	3,7	3,9	4,3	4,3	4,3	4,3
90	3,6	3,9	4,1	4,3	4,3	4,3
105	2,6	2,2	3,5	4,3	4,3	4,3
120	2,5	2	2,8	4,3	4,3	4,2
135	2,1	1,7	2,2	4,2	4,3	4
150				4	4,3	3,5
165				3,6	3,5	1,7
180				3,3	3,2	
195				2,7	3	
210				2,5	2,7	
225				1,9	2,5	
245					2,1	



Gambar 5. Grafik Perbandingan *setting time* tiap sampel

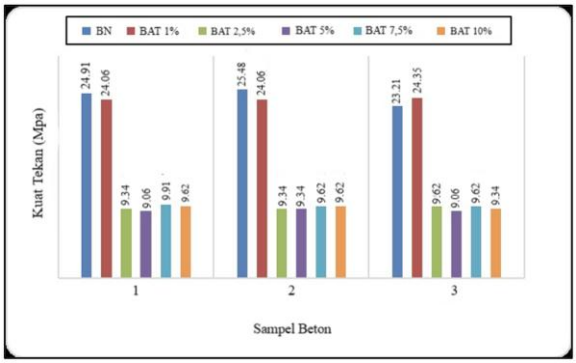
Kuat Tekan Beton

Pada pengujian beton keras, didapatkan kuat tekan seperti diperlihatkan pada Tabel 5.

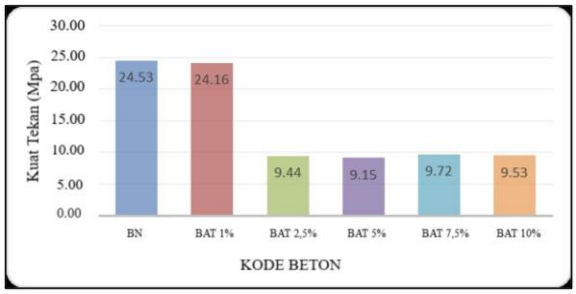
JURNAL SONDIR
p-ISSN 1979-2832
e-ISSN 2746-8275
https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir
vol. 2 No. 1 Tahun 2026, pp. 97-102

Tabel 5. Hasil Pengujian kuat tekan beton

Kode	Sampel	Area	Beban (P)		Kuat tekan	Rata-rata
		(mm2)	(KN)	(N)	(mpa)	(mpa)
CN	3	17662.5	440	440000	24.91	24.53
	2	17662.5	450	450000	25.48	
	3	17662.5	410	410000	23.21	
BAT1%	1	17662.5	425	425000	24.06	24.16
	2	17662.5	425	425000	24.06	
	3	17662.5	430	430000	24.35	
BAT2,5%	1	17662.5	165	165000	9.34	9.44
	2	17662.5	165	165000	9.34	
	3	17662.5	170	170000	9.62	
BAT5%	1	17662.5	160	160000	9.06	9.15
	2	17662.5	165	165000	9.34	
	3	17662.5	160	160000	9.06	
BAT7,5%	1	17662.5	175	175000	9.91	9.72
	2	17662.5	170	170000	9.62	
	3	17662.5	170	170000	9.62	
BAT10%	1	17662.5	170	170000	9.62	9.53
	2	17662.5	170	170000	9.62	
	3	17662.5	165	165000	9.34	



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton: kuat tekan masing-masing sampel beton



Gambar 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton: kuat tekan rata-rata beton



Gambar 7. Beton setelah di uji kuat tekan menggunakan mesin *Compressive*: beton normal



Gambar 8. Beton setelah di uji kuat tekan menggunakan mesin *Compressive*: beton dengan air limbah tetes tebu



Gambar 9. Beton setelah di uji kuat tekan menggunakan mesin *Compressive*: hasil uji kuat tekan dengan air limbah tetes tebu

Pada pengujian beton Gambar 5 dan 6 menunjukkan masing – masing hasil pengujian kuat tekan beton dan rata – rata kuat tekan beton. Hasil kuat tekan beton normal adalah sebesar 24,53 MPa dimana, nilai tersebut sesuai dengan hasil yang diharapkan. Penambahan limbah tetes air tebu yang mampu menghasilkan nilai kuat tekan beton setara beton normal adalah maksimal 1%. Hal ini ditunjukkan pada variasi di atas 1%, kuat tekan beton mengalami penurunan yang signifikan. Pada Gambar 7,8 dan 9 dapat dilihat bahwa penambahan limbah tetes air tebu mengalami kegagalan material dan jelas terlihat pada Gambar 9. bahwa komponen material penyusun beton seperti agregat kasar dan agregat halus mengalami segregasi akibat penambahan limbah tetes air tebu. Perawatan beton yang diterapkan adalah perendaman benda uji di bak berisi air. Benda uji dengan penambahan limbah tetes air tebu di atas 1% mengalami pengerasan yang kurang sempurna

sehingga, pengikatan antar komponen dan panas hidrasi kurang baik.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan limbah tetes air tebu mampu meningkatkan nilai waktu pengerasan beton. Benda uji dengan variasi penambahan limbah tetes air tebu sebesar 7,5% dari berat semen menghasilkan nilai setting time dan slump paling lama. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa limbah tetes air tebu ini mampu dimanfaatkan untuk mereduksi penggunaan air dan dipakai dalam pembuatan self *compacted concrete* (SCC).
2. Pada pengujian kuat tekan beton, hasil pengujian yang mampu mendekati kuat tekan beton normal adalah benda uji variasi penambahan 1% limbah tetes air tebu. Variasi di atas 1% memperlihatkan bahwa campuran beton masih basah dan komponen – komponen material beton tidak dapat mengikat sempurna. Karena proses hidrasi semen yang tidak sempurna maka dari itu, perawatan beton yang berbeda seperti heat curing perlu diteliti lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

K. Tjokrodimuljo, “Buku Ajaran Teknologi Beton,” 1992, *Yogyakarta*.

A. Saputra Gunawan, R. Taran, P. Sudjarwo, and J. Buntoro, “Identifikasi Penyebab Kerusakan Pada Beton Dan Pencegahannya,” *J. Dimens. PRATAMA Tek. SIPIL*, vol. 3, no. 2, 2014.

M. A. Wibowo and S. Anjarwati, “Issn: 2622-5549 pemanfaatan limbah kaca dan granit sebagai substitusi agregat halus dan kasar terhadap,” *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 20, no. 2, 2025.

W. Mandela and D. A. A. Fonataba, “Analisis Campuran Bahan Alam Kulit Pohon Beringin Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 2, pp. 138–145, 2023, doi: 10.21009/jmenara.v18i2.35249.

A. Santoso, P. W. dan Wardhono, “Pengaruh Tetes Tebu Sebagai Bahan Tambahan (Admixture) Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Lebar Retak Balok Beton,” *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 49–55, 2016.

A. Ismunandar, H., Mungok, C. D., Supriyadi, “Pemanfaatan Tetes Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton,” *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 2, 2016.

M. A. Ansori, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Penelitian Uji Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Air Limbah Tetes Tebu Dan Zat Additive Concrete,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i1.388.

S. A. Al-hasan and S. D. Hartantyo, “Pengaruh Limbah Pabrik Gula Molase Sebagai Bahan Tambah (Admixture) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang,” *J. Univ. Kadiri Ris. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 14–26, 2020, doi: 10.30737/ukarst.v4i1.701.

N. Aziz, A. Halim, and D. Aji Suraji, “Pengaruh Jenis Semen Dan Penambahan Tetes Tebu Terhadap Mutu Karakteristik Beton,” *J. Intakindo Jatim*, vol. 1, no. 1, pp. 58–67, 2022.

A. M. Edwin *et al.*, “Pengaruh Tetes Tebu (Molasses) Pada Campuran Beton Ditinjau,” *Jos - Mrk*, vol. 3, pp. 68–73, 2022.

A. Fauzan, A. Ambarwati, A. Kustrini, and B. Purnijanto, “Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Tetes Tebu (Molasse) Dan Kapur Alam,” *Bangun Rekaprima*, vol. 9, no. 1, pp. 68–74, 2023, doi: 10.32497/bangunrekaprima.v9i1.4472.

T. Haris Santoso, M. Basir, and O. Hendra Hermawan, “Pemanfaatan Limbah Bottom Ash sebagai Bahan Campuran Agregat Halus dengan Penambahan Tetes Tebu pada Pembuatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton,” *SIGMA J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 45–53, 2021.

Badan Standardisasi Nasional (BSN), “Metode Uji Waktu Pengikatan Campuran Beton dengan Ketahanan Penetrasi,” *SNI ASTM C403/C403M 2012*, 2012.

Badan Standardisasi Nasional (BSN), “Cara Uji Slump Beton,” *SNI 1972-2008*, 2008.

T. Mulyono, “Teknologi beton,” *Penerbit Andi, Yogyakarta*, 2004.

A. B. of A. Standards, “Test Method for Compressive Strength Of Cylindrical Concrete SpecimensNo Title,” *ASTM C39*, 1993.

Badan Standardisasi Nasional (BSN), “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.

A. B. of A. Standards, “Standard Spesification for Concrete Aggregates,” *ASTM C33-02a*, 2002.