

Journal homepage: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/> ISSN: 2722-9203 (media online/daring)

## PENGARUH TETES TEBU (*MOLASSES*) PADA CAMPURAN BETON DITINJAU TERHADAP WAKTU IKAT AWAL DAN KUAT TEKAN

Alief Maulid Edwin<sup>1,\*</sup>, Sugeng Riyanto<sup>2</sup>, Taufiq Rochman<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

, Email: [edwinsubuh@gmail.com](mailto:edwinsubuh@gmail.com), [sugeng.riyanto@polinema.ac.id](mailto:sugeng.riyanto@polinema.ac.id), [taufiq.rochman@polinema.ac.id](mailto:taufiq.rochman@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Di zaman yang serba modern ini, Indonesia mengalami kemajuan konstruksi yang sangat pesat. Hal ini dapat terlihat dari kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas dan infrastruktur terutama dalam bidang beton. Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak diminati pada pembangunan sekarang ini. Pakisaji adalah sebuah Kecamatan di Kabupaten Malang Jawa Timur yang dikelilingi oleh banyak pabrik, salah satunya Pabrik Gula Kebonagung yang ada sejak tahun 1835. Pada pabrik tersebut menghasilkan limbah tetes tebu dimana limbah tersebut dapat dilakukan penelitian inovasi beton. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tetes tebu pada campuran beton normal. Metode penelitian meliputi : analisa pengaruh penambahan tetes tebu pada campuran beton dengan variasi 0%, 0,20%, 0,40%, 0,60% terhadap kuat tekan beton  $f_c' = 20$  Mpa, 10, Perencanaan beton menggunakan SNI 03-2834-2000. Sampel penelitian untuk setiap variasi 0%, 0,20%, 0,40%, 0,60% berjumlah 12 benda uji silinder. Hasil pengujian kuat tekan umur 7 hari secara berturut-turut untuk setiap variasi 0%, 0,20%, 0,40%, dan 0,60% sebesar 11,06 Mpa, 5,47 Mpa, 20,09 Mpa, dan 17,83 Mpa. Hasil pengujian kuat tekan umur 14 hari secara berturut-turut untuk setiap variasi 0%, 0,20%, 0,40%, dan 0,60% sebesar 14,62 Mpa, 6,88 Mpa, 22,64 Mpa, dan 18,39 Mpa. Hasil pengujian kuat tekan umur 21 hari secara berturut-turut untuk setiap variasi 0%, 0,20%, 0,40%, dan 0,60% sebesar 16,88 Mpa, 10,75 Mpa, 22,92 Mpa, dan 19,15 Mpa. Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari secara berturut-turut untuk setiap variasi 0%, 0,20%, 0,40%, dan 0,60% sebesar 20,09 Mpa, 10,94 Mpa, 23,48 Mpa, dan 23,67 Mpa.

**Kata kunci** : tetes tebu, pakisaji, kuat tekan beton

### ABSTRACT

*In this modern era, Indonesia is experiencing very rapid construction progress. This can be seen from the community's need for facilities and infrastructure, especially in the concrete sector. Concrete is a construction material that is in great demand in today's construction. Pakisaji is a sub-district in Malang Regency, East Java which is surrounded by many factories, one of which is the Kebonagung Sugar Factory which has existed since 1835. The factory produces molasses waste where the waste can be researched on concrete innovations. This research was conducted at the Laboratory of the Civil Engineering Department of the State Polytechnic of Malang. This study aims to determine the effect of adding molasses to normal concrete mixtures. The research methods include: analysis of the effect of adding molasses to the concrete mixture with variations of 0%, 0.20%, 0.40%, 0.60% on the compressive strength of concrete  $f_c' = 20$  Mpa, 10, Concrete planning using SNI 03-2834 -2000. The research sample for each variation of 0%, 0.20%, 0.40%, 0.60% amounted to 12 cylindrical test objects. The results of testing the compressive strength of 7 days in a row for each variation of 0%, 0.20%, 0.40%, and 0.60% of 11.06 Mpa, 5.47 Mpa, 20.09 Mpa, and 17,83 MPa. The results of the compressive strength test at the age of 14 days in a row for each variation of 0%, 0.20%, 0.40%, and 0.60% were 14.62 Mpa, 6.88 Mpa, 22.64 Mpa, and 18,39 MPa. The results of the compressive strength test at the age of 21 days in a row for each variation of 0%, 0.20%, 0.40%, and 0.60% of 16.88 Mpa, 10.75 Mpa, 22.92 Mpa, and 19,15 MPa. The results of the 28-day compressive strength test for each variation of 0%, 0.20%, 0.40%, and 0.60% were 20.09 Mpa, 10.94 Mpa, 23.48 Mpa, and 23,67 MPa.*

**Keywords** : molasses, pakisaji, compressive strength of concrete

## 1. PENDAHULUAN

Di zaman yang serba modern ini, Indonesia mengalami kemajuan konstruksi yang sangat pesat. Hal ini dapat terlihat dari kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas dan infrastruktur. Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak diminati pada pembangunan sekarang ini. Alasan tersebut dikarenakan beton memiliki banyak keunggulan diantaranya, beton mudah dibentuk, tahan terhadap cuaca, harga yang relative murah dibanding bahan yang lainnya, kedap air, tahan api dan korosi, serta kelebihan beton yang utama adalah tahan menerima gaya tekan.

Pakisaji adalah sebuah Kecamatan di Kabupaten Malang Jawa Timur yang dikelilingi oleh banyak pabrik. Salah satu yang terbesar dari semuanya adalah Pabrik Gula Kebonagung yang ada sejak tahun 1835 adalah tetes tebu yang selama ini menjadi limbah dari pabrik tersebut. Tetes tebu banyak dan digunakan penduduk untuk kebutuhan campuran pakan ternak sehari-hari, dan apakah ada manfaat lain dari tetes tebu khususnya pada bidang konstruksi.

Dalam hal ini tetes tebu yang banyak dan hanya dimanfaatkan oleh sekitar perkampungan sebagai campuran pakan ternak, mendorong penulis untuk lebih memanfaatkan tetes tebu sebagai bahan inovasi untuk campuran beton yang merupakan sebagai bahan aditif untuk membuat beton kuat dan ramah lingkungan, dikarenakan tetes tebu memiliki kandungan yang dapat menambah nilai kuat tekan dari beton normal tersebut.

### Penelitian Terdahulu

Menurut Syahnan (2014) penambahan limbah tetes tebu sebanyak 0,25% terhadap berat semen akan memperlambat waktu ikat semen menjadi 210 menit dengan kuat tekan beton 31,9 MPa di umur beton 28 hari, sementara penambahan limbah tetes tebu sebanyak 0,5% akan memperlambat waktu ikat beton menjadi 240 menit dengan kuat tekan beton 29,44 MPa pada umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan rata-rata pada beton untuk variasi campuran Penambahan limbah Tetes Tebu pada konsentrasi 0%; 0,25% ; 0,5% ; dan 0,75% berturut-turut sebesar : 22,47 MPa; 31,9 Mpa ; 29,44 Mpa ; dan 10,42 Mpa. Pada umur rencana 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah 20Mpa.

Menurut Agus Santoso dalam penelitiannya, nilai kuat tekan beton rata-rata pada penambahan variasi tetes tebu sebesar 0%, 20%, dan 80% Berturut turut Sebesar ; 20,43 Mpa ; 28,59 Mpa ; dan 20,43 Mpa. Pada umur rencana 28 hari. Mutu yang direncanakan adalah K-350

Menurut dindha bayu andriansyah dalam penelitiannya, nilai kuat tekan dan waktu ikat awal pada penambahan variasi tetes tebu sebesar 0%; 0,2%; 0,25%; 0,3%; 0,35%; 0,4%; 0,45%; 0,5%; dan 0,55%. Kuat tekan optimal pada umur 28hari terjadi pada penambahan tetes tebu

sebesar 0,35% dari berat semen, yaitu sebesar 33,268Mpa dari kuat tekan rencana 25Mpa. Dan penambahan tetes tebu pada campuran beton paling lambat ada pada variasi 0,55% yaitu 330 menit. Sedangkan pada benda uji 0% atau tanpa bahan tambahan didapatkan hasil waktu ikat 180 menit

### Tetes Tebu

Tetes tebu didapatkan dari hasil pemisahan dengan kristal gula pada pengolahan gula tebu. Proses pengolahan diawali dengan penggilingan tebu untuk mengeluarkan nira mentah yang berbentuk jus, setelah itu nira mentah akan memasuki proses pemurnian untuk mendapatkan nira jernih dengan cara mengendapkan nira kotor, selanjutnya nira jernih memasuki proses penguapan yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi sampai dengan tingkat jenuhnya. Sampai tahap ini nira kental hasil dari proses penguapan akan melalui proses pembentukan kristal gula melalui pemasakan, setelah kristal terbentuk dan melalui tahap pendinginan dilakukan pemisahan menggunakan alat pemusing dan penyaring sehingga didapatkan gula mentah dan tetes tebu. Bahan-bahan yang terkandung dalam tetes tebu dapat dilihat pada

**Tabel 1** sebagai berikut,

**Tabel 1** Kandungan Tetes Tebu

Compound	P	S	K	Ca	Mn
Conc	0,47	0,4	47,2	34,2	0,26
Unit	%	%	%	%	%

Compound	Fe	Cu	Rb	Mo
Conc	1,6	0,34	0,68	15
Unit	%	%	%	%

Sumber: Laboratorium Mipa Universitas Negeri Malang

### Beton

Dalam pembuatan suatu bangunan beton sebagai bahan yang sering dipakai dalam pembuatan suatu struktur khususnya di Indonesia. Beton memiliki sifat yang unik dari bahan dasarnya, proses pembuatannya, hingga variasi dari bahan tambahannya atau biasa disebut *additive*, jadi beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar yang dicampurkan dengan semen yang dipersatukan oleh air dengan perbandingan tertentu (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:35).

### Semen

Bahan yang sering digunakan dalam campuran beton, menurut ASTM C-150.1985 semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya

mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Mulyono, 2005:27).

**Agregat Halus**

Agregat halus adalah agregat yang memiliki butiran apabila disaring menggunakan ayakan lolos ayakan dengan ukuran 4,75 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:12) yaitu pasir galian, pasir sungai, pasir laut. Menurut *British Standart* (BS) gradasi agregat halus dibagi ke dalam 4 zona, zona 1 adalah pasir kasar, zona 2 pasir agak kasar, zona 3 pasir agak halus, dan zona 4 pasir halus (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:27), gradasi zona-zona pasir disajikan pada tabel 2

**Tabel 2** Syarat Gradasi Agregat Halus / Pasir (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:28; Mulyono,2005:91)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Lolos Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-100	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sedangkan untuk syarat dan mutu untuk agregat halus pada penggunaan beton menurut ASTM dijelaskan pada tabel 3. Tabel 2. , Syarat dan Mutu Agregat Halus (SNI-1971-2011, 1970-2008)

**Tabel 3** Syarat Mutu Agregat Halus

Parameter Fisik	Nilai
Kadar Air	<3%
Berat Jenis	2,5 gr/cm <sup>3</sup> – 2,7 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	<3%
Kadar Lumpur	1-4 %
Berat Isi	1,4 gr/dm <sup>3</sup> - 1,9 gr/dm <sup>3</sup>

**Agregat Kasar**

agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran butiran yang tertahan di ayakan ukuran 4,75 mm dan lolos di ayakan ukuran 40 mm, untuk susunan gradasi dari kerikil yang disyaratkan menurut SNI 03-2834-2000 disajikan pada

tabel 4. Sedangkan, batu atau koral memiliki ukuran yang besar bila disaring tidak lolos ayakan ukuran 40 mm.

**Tabel 4** Syarat Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000, 2000:11)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Lolos Ayakan		
	38.1 – 4.76	19.0 – 4.76	9.52 – 4.76
38.1	95 – 100	100	-
19,0	37 – 70	95 – 100	100
9.52	10 – 40	30 – 60	85 – 100
4.76	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Agregat kasar memiliki syarat dan mutu yang harus dipenuhi sebelum dicampurkan ke dalam beton menurut ASTM yang dijelaskan pada tabel 5.

**Tabel 5** Syarat dan Mutu Agregat Kasar (ASTM, SNI-1971-2011, 1969-1990)

Parameter Fisik	Nilai
Kadar Air	<3%
Berat Jenis	2,5 gr/cm <sup>3</sup> – 2,7 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	<3%
Kekerasan	≤45%
Keausan	≤40%
Berat Isi	1,4 gr/dm <sup>3</sup> - 1,9 gr/dm <sup>3</sup>

**Kuat Tekan Beton**

Salah satu yang menjadi keunggulan dari beton adalah kekuatan tekan dari beton. Kemampuan dari beton yang ditujukan untuk menerima gaya secara vertikal atau tekan persatuan luas disebut dengan kuat tekan beton (Mulyono, 2005:9). Penentuan kekuatan beton menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur ASTM C-39 atau dengan benda uji kubus dengan prosedur BS-1881 *Part 115; Part 116* pada umur 28 hari (Mulyono, 2005:9). Dengan rumus empiris untuk perhitungan kuat tekan disajikan pada persamaan

$$f_c' = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Di mana :

$f_c'$  = Kuat Tekan Beton (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

## 2. METODE

### Prosedur Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian ANALISIS ayak atau gradasi material mengacu pada SNI 03-1968-1990.
2. Penetapan benda uji mengacu pada SNI 03-2847-2000.
3. Pengujian waktu ikat
4. Prosedur pencetakan beton mengacu pada SNI 03-4810-1998
5. Pengujian *Slump* mengacu pada ASTM C1611:Uji slump flow beton.
6. Pengujian Kuat Tekan Beton mengacu pada SNI 1974:2008:Cara Uji Beton Silinder
7. Pengujian Kuat Tarik Belah mengacu pada SNI 1974:2008:Cara Uji Beton Silinder

### Perhitungan Mix Design

*Mix design* adalah perbandingan campuran bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan beton, agar menghasilkan beton dengan kuat tekan dan sifat-sifat lain yang diharapkan dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang. Metode eksperimental merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil atau data dari variabel-variabel yang diteliti. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan bahan tambahan tetes tebu dengan variasi 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder masing-masing 15 benda uji dari setiap variasi, pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton pada usia 7, 14, 21, 28 hari. Setelah didapatkan data hasil pengujian kuat tekan beton, kemudian data tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan rumus. Setelah itu, data dari hasil perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan.

**Tabel 7** Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
Kadar Air	1,11	≤ 3%	SNI 1971-2011	OK
Berat Jenis	2,65	2,5-2,7	SNI 1970-2008	OK
Penyerapan	1,12	≤ 3%	SNI 1970-2008	OK

Analisis saringan	Zona II	Zona 1-4	SNI 03-2834-2000	OK
-------------------	---------	----------	------------------	----

**Tabel 8** Pengujian Agregat Kasar

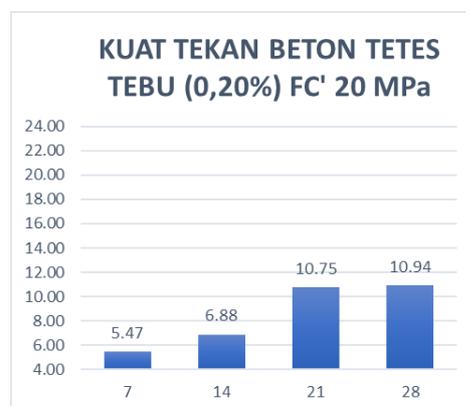
Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
Kadar Air	1,61	≤ 3%	SNI 1971-2011	OK
Berat Jenis	2,74	2,5-2,8	SNI 1969-1990	OK
Penyerapan	1,77	≤ 3%	SNI 1969-1990	OK
Analisis saringan	Zona I	Zona 1-3	SNI 03-2834-2000	OK
Kekerasan	5,13%	≤ 45%	ASTM C-29M-03	OK

### Hasil Pengujian Kuat Tekan

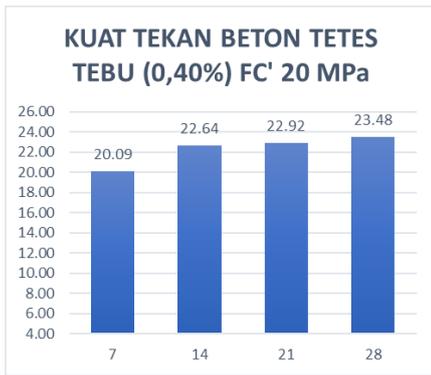
Pengujian kuat tekan menggunakan sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengujian kuat tekan dilakukan dengan meninjau umur beton 7, 14, 21 dan 28 hari.



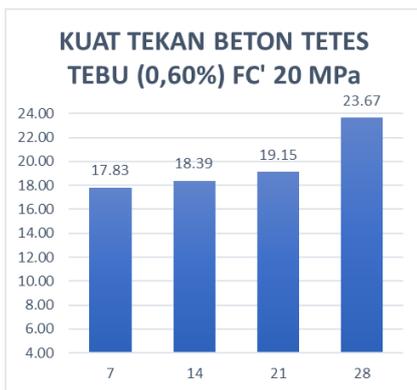
**Grafik 1.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0%



**Grafik 2.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0.2%



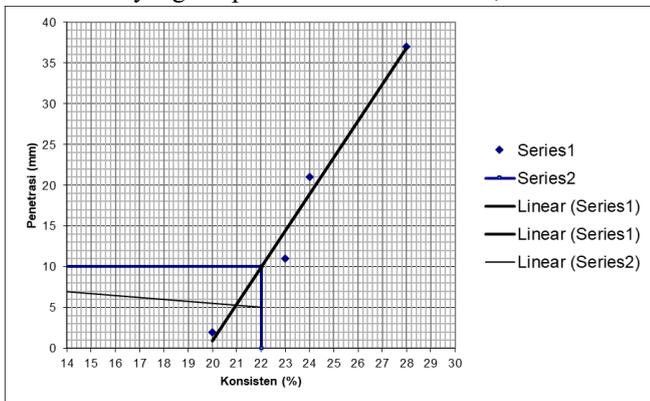
Grafik 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0.4%



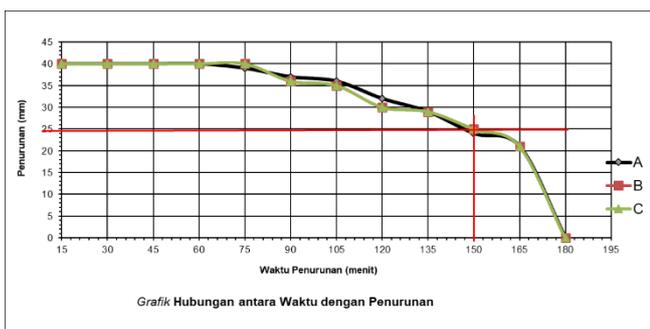
Grafik 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0.6%

**Hasil Pengujian Semen dan Waktu Ikat Awal**

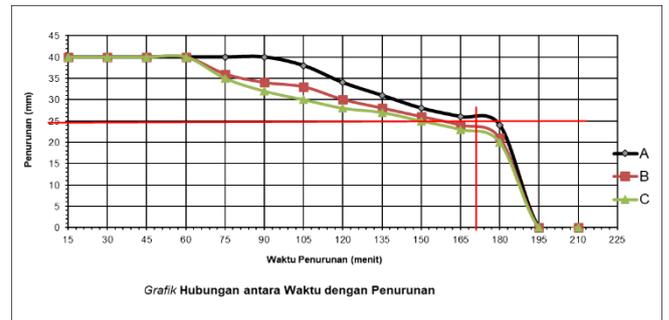
Pengujian semen yang dilakukan terdiri dari pengujian sifat fisik semen yang meliputi : konsistensi normal, dan ikat awal.



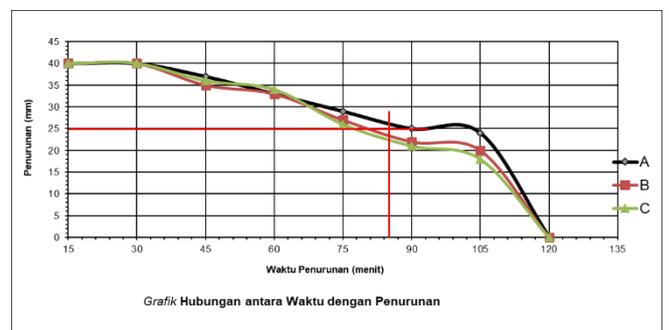
Grafik 1. Hasil Pengujian Konsistensi Normal



Grafik 2. Hasil Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Tanpa Variasi



Grafik 3. Hasil Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Penambahan Tetes Tebu 0.2%



Grafik 4. Hasil Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Penambahan Tetes Tebu 0.4%



Grafik 5. Hasil Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Penambahan Tetes Tebu 0.6%

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan dari hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 11,06 MPa, 5,47 MPa, 20,09 MPa dan 17,83 MPa. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 14,62 MPa, 6,88 MPa, 22,64 MPa dan 18,39 MPa. Hasil

- pengujian kuat tekan pada umur 21 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 16,88 MPa, 10,75 MPa, 22,92 MPa dan 19,15 MPa. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 20,09 MPa, 10,94 MPa, 23,48 MPa dan 23,67 MPa.
2. Nilai waktu ikat awal pada beton tercepat ada pada penambahan variasi tetes tebu 0,40% dengan waktu 85menit. Pada penambahan variasi 0,60% dengan waktu ikat awal 100menit. Pada penambahan 0% dengan waktu 150menit. Dan pada nilai penambahan 0,20% dengan waktu ikat 170 menit. Penggunaan tetes tebu dengan penambahan pada beton normal berdampak signifikan pada waktu ikat beton.
  3. Campuran yang memiliki nilai optimum pada nilai kuat tekan yaitu pada beton dengan variasi campuran 0,5003% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,046MPa.
  4. Biaya pembuatan beton dalam 1m<sup>3</sup> untuk beton normal sebesar Rp.652.651,09, beton variasi 0,2% sebesar Rp.655.297,7963, beton variasi 0,40% sebesar Rp.657.944,49, dan beton variasi 0,60% sebesar Rp.660.591,19. Berdasarkan biaya diatas dalam 1m<sup>3</sup> beton dengan penambahan variasi tetes tebu lebih mahal dari pada biaya pembuatan beton normal dengan selisih setiap harga untuk beton variasi 0,20% sebesar Rp.2.464,70, beton variasi 0,4% sebesar Rp.5.293,40, dan beton variasi 0,60% sebesar Rp.7.940,10.

tentang *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.

- [8] Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1970:2008 tentang *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- [9] *American Standard Testing and Material*. (2008). *ASTM C33/C33M-08 for Specification for Concrete Aggregates*.
- [10] Badan Standar Nasional. (2014). SNI 2816:2014 tentang *Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus Untuk Beton*.
- [11] Cocke, D.L. (1990). *The binding chemistry and leaching mechanisms of hazardous substances in cementitious solidification/stabilization systems*. *Journal of Hazardous Material*, 24 (231).
- [12] Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. (1995). *Kep03/BAPEDAL/09/1995 tentang Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.
- [13] Santoso, A. (2012). Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu sebagai Alternatif Pengganti *Set-Retarder* dan *Water Reducer* untuk Bahan Tambah Beton. *Jurnal Inersia*, 08(02), 165-179.
- [14] Ahmad Prima Syahnan, M Agung Putra Handana, Johannes Tarigan., 2014. *Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [15] A.W. Otunyo, S.C. Onwusiri, N. Nwaiwu, 2015. *Effect Of Sugar Cane Juice On Slump Values, Setting Time And Strength Of Concrete*. Fakultas Teknik Sipil, Universitas Nigeria.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *American Standard Testing and Material*. (2008). *ASTM C33/C33M-08 for Specification for Concrete Aggregates*.
- [2] *American Standard Testing and Material*. (2013). *ASTM C70-13 for Standard Test Method for Surface Moisture in Aggregate*.
- [3] *American Standard Testing and Material*. (2015). *ASTM C127-15 for Standard Test Method for Relative Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Aggregate*.
- [4] *American Standard Testing and Material*. (2016). *ASTM C40/C40M-16 for Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*.
- [5] Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03-1970-1990 tentang *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- [6] Badan Standar Nasional. (2004). SNI-15-7064-2004 tentang *Semen Portland Komposit*.
- [7] Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1969:2008