JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS

UNESA

Universitas Negeri Surabaya

JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	01	01	49-55	2016	2252-5009

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
6. Dr.Erina,S.T,M.T.
7. Drs.Suparno,M.T
8. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
9. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
4. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....i

DAFTAR ISI.....ii

- Vol 1 Nomer 1/rekat/16 (2016)

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GAS ASETILEN PENGGANTI FLY ASH TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007

Ian Syahrial Hidayat Has, Suprapto,..... 01 – 06

MANAJEMEN RESIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN VENETIAN GRAND SUNGKONO LAGOON DI SURABAYA

Septiana Posmarito, Karyoto, ... 07 - 14

KUALIFIKASI PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN TUKANG PASANG BATU NON- SERTIFIKASI BERDASARKAN SKKNI PADA PROYEK PERUMAHAN SESDERHANA DI WILAYAH SIDOARJO

Satria Herdananda, Didiek Purwadi, ... 15 - 23

ANALISIS PENYEBAB KERUNTUHAN TEBING SUNGAI JAGIR WONOKROMO RIVER IMPROVEMENT SURABAYA

Dwi Ratih Wesesa, Djoni Irianto,..... 24 – 32

ANALISA PENANGGULANGAN BANJIR PADA SISTEM DRAINASE DAS SIDOKARE KABUPATEN SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS

Rossi Eka Mayasari, Djoni Irianto, ... 33 – 41

HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG (FLY ASH) DAN LIMBAH KERANG PADA TEMPERATUR NORMAL

Mokhamad Rusdha Maulana, Arie Wardhono,..... 42 – 48

PENGARUH TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (*ADMIXTURE*) TERHADAP KUAT TARIK LENTUR DAN LEBAR RETAK BALOK BETON

Prastika Wahid Santoso, Arie Wardhono,..... 49 – 55

UNESA Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (*ADMIXTURE*) TERHADAP KUAT TARIK LENTUR DAN LEBAR RETAK BALOK BETON

Prastika Wahid Santoso
Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: prastikawahid@gmail.com

Arie Wardhono
Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arie.wardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Meningkatnya kemajuan teknologi yang terus berkembang mengakibatkan munculnya benda-benda tak habis pakai (limbah) yang menumpuk.Salah satu limbah yang belum begitu banyak diteliti sebagai bahan dalam campuran beton yaitu tetes tebu. Fungsi dari bahan tambahan ini yaitu menambah kekuatan dan memperlambat waktu pengikatan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan tetes tebu terhadap kuat lentur dan lebar retak balok beton.

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan eksperimen dimana parameternya adalah tetes tebu terhadap berat semen pada beton normal. Benda uji berupa balok beton tanpa tulangan dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm (ASTM C-78) sebanyak 15 benda uji yang terdiri dari 5 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 3 benda uji dengan penambahan bahan admixture berupa tetes tebu yang memiliki prosentase berbeda (0%; 0,2%; 0,4%; 0,5%; dan 0,6%). Benda uji diukur pada umur 28 hari, dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian.Pengujian kuat lentur dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* yaitu beton duji sampai runtuh dan lebar retak diamati dengan *Microcope Crack Detector*.Data yang diperoleh adalah besar kuat lentur dan besar lebar retak dan dibandingkan dengan data standard besar kuat lentur beton normal.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat lentur optimal terjadi pada penambahan tetes tebu 0,2%, yaitu sebesar 4,72 MPa dan nilai minimum sebesar 3,23 MPa pada penambahan tetes tebu 0,6%.Untuk lebar retak diperoleh nilai retak terkecil pada penambahan tetes tebu 0,6%, yaitu sebesar 0,13 mm. Hasil ini menunjukan bahwa penambahan tetes tebu dapat digunakan sebagai bahan tambahan yang mampu meningkatkan sifat-sifat beton.
Kata Kunci: Beton normal, tetes tebu, kuat lentur, lebar retak

Abstract

The continuosly increase of technological development led to the accumulation of waste materials. One of the waste materials that has not been studied widely as an ingredient of concrete mixtures is molasses. The benefits of the additional of molasses are to improve strength performance and to slow the setting time of concrete. The purposes of this research is to identify the effect of the molasses addition to the flexural and crack width of concrete beams.

The research method used in this research was based on the design experiment. The parameters were molasses to wards the weight of cement in normal concrete. Concrete beams without reinforcement with a size of 150 mm x 150 mm x 550 mm in accordance with ASTM C-78 were used. Total 15 specimens with five variations (1 variation consists of 3 specimens) were used with the molasses variation addition of 0%; 0,2%; 0,4%; 0,5%; and 0,6% respectively. The test specimens were measured at 28 days, normal curing regime was applied to the specimens prior testing. The flexural strength was performed using a Universal Testing Machine, and the crack width was observed using a Microscope Crack Detector. The flexural strength value and the crack width results will be compared to the standard flexural strength of normal concrete.

The results show that the optimum flexural strength was achieved by the addition of 0,2% molasseswith the flexural strength (represent by modulus of rupture value) of 4,72 MPa, whilethe minimum flexural strength was 3,23 MPa, attainedby the addition of 0,6%molasses. However, the lowest crack width was shown by the 0,6% molasses addition with the crack width of 0,13 mm.Thus, it can be concluded that the addition of molasses can be used as additive materials that can improve the properties of concrete.
Keywords: Normal concrete, molasses, flexural strength, crack width

PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran dengan proporsi tertentu dari semen, pasir, agregat, air, kemudian membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dari dimensi struktur yang diinginkan.Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya (Tjokrodimuljo, K, 1996).

Dobrowolski, A.J. (1998), menyatakan bahwa saat ini telah banyak digunakan beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan fc' > 40 MPa (60000 psi) dimana beton tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut: (1) kandungan semen tinggi; (2) rasio air semen rendah; (3) penggunaan agregat yang mutunya lebih kuat; (4) agregat berkadar air rendah dan digunakan bahan polimer.

Nilai kuat tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai bahwa nilai kuat tarik beton normal adalah: 9% - 15% fc' (Dipohusodo, 1999), 10% - 20% fc' (Nawy, 1990), 10% fc' (Moesley,1989).

Kekuatan tarik beton yang tepat sulit diukur.Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan adalah dengan menggunakan *modulus of rupture* (MOR).*Modulus of rupture* adalah tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur beton polos (tanpa tulangan) sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas. Misalnya, dengan cara menguji tegangan tarik lentur beton sederhana berpenampang bujursangkar (150 mm x 150 mm x 550 mm) yang diberi beban pada tiga titik sesuai dengan ASTM C-78.

Beton di musim panas cepat sekali mengeras setelah dicampur.Pendekatan yang dilakukan untuk mengatasi masalah pencegahan beton cepet menjadi keras selama penanganannya adalah penggunaan bahan campuran (*admixture*) untuk memperlambat pengerasan beton. Bahan campuran yang mempunyai kandungan sebagai pemerlambat pengerasan sering kali digunakan di Negara-negara yang beriklim panas.

Salah satu untuk meningkatkan sifat-sifat bahan beton dilakukan dengan penambahan tetes tebu (*molase*) yang dihasilkan dari limbah pabrik gula ke dalam campuran beton dengan dosis tertentu. Ide dasarnya adalah dengan meningkatkan kinerja beton dengan larutan tebu yang disebarkan secara merata (*uniform*) ke dalam adukan beton, sehingga usaha tersebut dapat mencegah terjadinya retakan-retakan dalam beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Suhendro, 2000). Dan beton yang ditambah dengan tetes tebu (*molase*) dikenal dengan istilah beton polimer.

Penemu beton polimer, Prof. Ir. H. Djuanda Suraatmadja menegaskan bahwa beton polimer adalah suatu zat kimia yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan hidrogen sebagai molekul utamanya. Adapun bahan polimer beton misalnya tetes tebu (*molase*), *Latex* (*styrene butadiene latex*), *epoxy resin, polyfinyl asetat* dan campuran *unsaturated polister resin* dengan *styrene monomer*. Hal ini untuk meningkatkan sifat-sifat bahan beton seperti *workability*, kekuatan tekanan, kekuatan tarik, waktu pengikatan (*setting time*), dan mengurangi absorbsi air.

Tri Mulyono (2004), tetes tebu (*molase*) termasuk sebagai bahan *retarder* yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaan bahan tambah *retarder* ini berguna untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*), misalnya pada saat kondisi cuaca yang panas atau memperpanjang waktu saat pemadatan, menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar dilakukan pengecoran.

Daniel & Vera (2009) menyatakan bahwa kuat tekan mortar yang diberi tambahan tetes tebu sebesar 0,3% mempunyai nilai kuat tekan sebesar 51,30 MPa pada umur 84 hari.

Penambahan gula putih dan gula merah (*jaggery*) dengan variasi 0,05% dan 0,1% didapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi penambahan gula putih 0,1% sebesar 30,72 MPa untuk umur 7 hari dan 40,68 MPa untuk umur 28 hari. Sedangkan penambahan gula merah (*jaggery*) didapat kuat tekan tertinggi pada variasi 0,1% sebesar 31,10 MPa untuk umur 7 hari dan 39,59% untuk umur 28 hari (Giridhar, Gnaneswar & Kishore, 2013).

Hasil penelitian menunjukan bahwa penambahan tetes tebu dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah. Kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi penambahan tetes tebu 0,25% sebesar 28,14 MPa untuk umur 14 hari dan 31,9 MPa untuk umur 28 hari. Kuat tarik belah tertinggi didapat pada variasi penambahan tetes tebu 0,5% sebesar 5,79 MPa untuk 14 hari dan 7,02 MPa untuk umur 28 hari.

Berdasarkan pembahasan di atas, tetes tebu merupakan limbah yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan (*admixture*) pada campuran beton sehingga didapatkan beton mutu tinggi atau dapat meningkatkan kualitas sifat-sifat beton. Hal tersebut menarik untuk dijadikan penelitian dengan judul : "Pengaruh Tetes Tebu Sebagai Bahan Tambahan (*Admixture*) Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Lebar Retak Balok Beton".

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut: (1) Bagaimana nilai kuat lentur dan lebar retak antara campuran beton normal dengan beton campuran tetes tebu?(2) Seberapa besar pengaruh variasi

penambahan tetes tebu pada beton normal terhadap kuat lentur dan lebar retak balok?

Tujuan dilakukannya penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut: (1) Untuk mengetahui nilai kuat lentur dan lebar retak balok terhadap prosentase penambahan tetes tebu yang berbeda; (2) Mengetahui pengaruh variasi penambahan tetes tebu pada beton normal terhadap kuat lentur dan lebar retak balok.

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini antara lain: (1) Bagi peneliti untuk menambah wawasan dan pengetahuan bahwa tetes tebu dapat digunakan sebagai bahan campuran beton; (2) Bagi akademisi untuk memberikan tambahan referensi tentang pemanfaatan bahan tambahan (*admixture*) yang dapat meningkatkan kualitas sifat beton; (3) Bagi masyarakat dapat memanfaatkan limbah tebu sebagai bahan campuran beton.

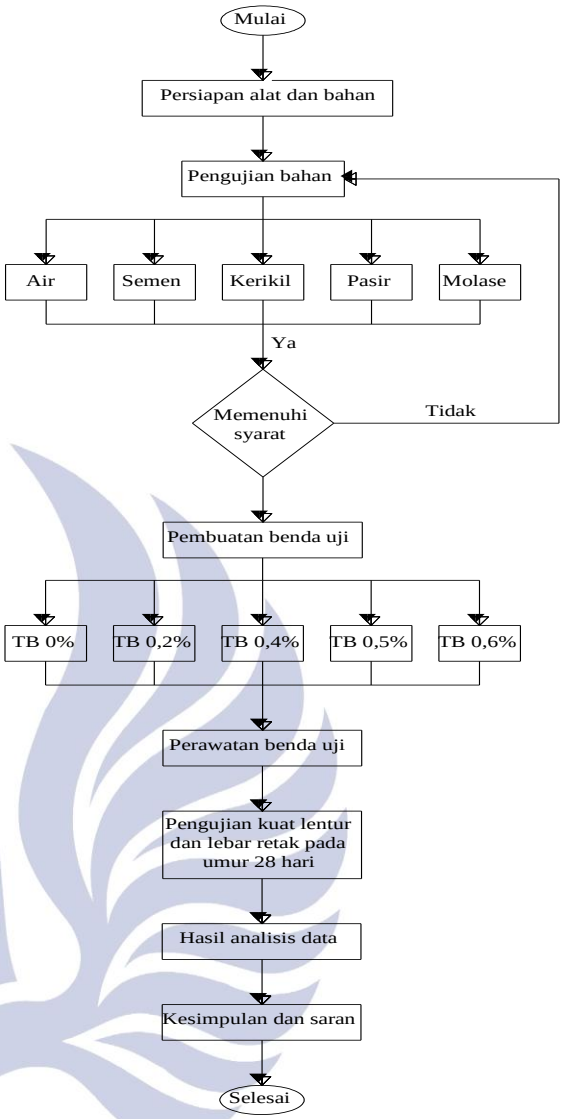
Penelitian ini memiliki batasan-batasan, antara lain: (1) Benda uji berupa balok tanpa tulangan berukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm (ASTM C 78); (2) Semen tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik, Tbk; (3) Agregat halus berupa pasir alami diuji mengenai analisa saringan (*grading*), modulus kehalusan butir, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 03-2834-2000; (4) Agregat kasar berupa kerikil dari *stone crush* Malang diuji mengenai analisa saringan (*grading*), modulus kehalusan butir, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 03-2834-2000; (5) Air yang digunakan dari Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang; (6) Tetes tebu yang digunakan berasal dari hasil produksi limbah pabrik gula PG. Kebon Agung, Pakisaji, Malang; (7) Penambahan tetes tebu sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% terhadap berat semen; (8) Pembuatan benda uji balok di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang; (9) Pengujian dan perawatan benda uji dilakukan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang; (10) Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen (uji laboratorium), dimana parameternya adalah tetes tebu terhadap berat semen. Benda uji berupa balok beton tanpa tulangan dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm dengan penambahan tetes tebu secara bervariasi (0%, 0,2%, 0,4%, 0,5%, 0,6%). Penelitian ini digunakan untuk mendapatkan nilai kuat lentur dan lebar retak yang paling optimal dari variasi penambahan tetes tebu. Berikut adalah diagram alir penelitian.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan sebagai upaya pembuktian keberadaan data yang dibuat, maka diperlukan data-data yang mendukungnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode percobaan benda uji, dimana teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara percobaan serta pengujian bahan yang hasilnya nanti diharapkan dapat membantu untuk menyajikan data penelitian.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian berupa balok beton tanpa tulangan dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm (ASTM C 78) dengan bahan tambahan berupa tetes tebu yang memiliki prosentase berbeda (0,2%, 0,4%, 0,5%, dan 0,6%), diuji terhadap kuat lentur dan lebar retak.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Sampel Penelitian

Sampel penelitian terdiri dari balok beton tanpa tulangan berukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm (ASTM C 78) dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1.Sampel penelitian

No.	Bentuk Sampel	Ukuran (mm)	Prosentase Tetes Tebu (%)	Uji (buah)
1	Balok	150 x 150 x 550	0	3
2	Balok	150 x 150 x 550	0,2	3
3	Balok	150 x 150 x 550	0,4	3
4	Balok	150 x 150 x 550	0,5	3
5	Balok	150 x 150 x 550	0,6	3
Jumlah Sampel				15

Pelaksanaan Kegiatan

Lokasi pembuatan dan pengujian benda uji di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Malang.Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap 2014/2015.

Proses pembuatan benda uji dimulai dari persiapan alat dan bahan. Bahan yang digunakan meliputi semen Gresik type I, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, dan tetes tebu. Setelah dilaksanakan uji bahan, maka ditentukan campuran *mix design* untuk beton normal yang terdiri dari 1 pc:1,5 ps:2,85 kr dengan faktor air semen (f.a.s) 0,5. Variasi *mix design* untuk beton normal untuk 1 m^3dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Campuran Beton Normal per m^3(kg)

Uji	PC	Pasir	Kerikil	Air	Molase
0%	6,09	9,18	17,41	3,09	-
0,2%	6,09	9,18	17,41	3,08	0,01
0,4%	6,09	9,18	17,41	3,07	0,02
0,5%	6,09	9,18	17,41	3,06	0,03
0,6%	6,09	9,18	17,41	3,05	0,04

Bahan penyusun beton yang telah ditimbang kemudian dimasukan ke dalam karung untuk memudahkan proses pengerjaan. Langkah pertama masukan air secukupnya ke dalam molen pengaduk, kemudian kerikil dan pasir. Masukan sisa air sebelumnya ke dalam molen dan biarkan hingga adonan menjadi homogen. Setelah dirasa cukup, ambil sedikit sampel untuk dilakukan pengujian penurunan (*slump test*).Selanjutnya adonan dalam molen dimasukan ke dalam cetakan balok yang telah diberi pelumas.Setelah itu, balok yang sudah jadi, diangkat ke tempat pemeliharaan sampai 28 hari dan siap dilakukan pengujian.

Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian bahan penyusun beton meliputi uji analisis agregat halus dan kasar, uji berat jenis agregat halus dan kasar, uji berat isi agregat halus dan kasar, uji kadar air agregat halus dan kasar, uji penyerapan agregat halus dan kasar, kadar lumpur agregat halus dan kasar.

Pengujian Benda Uji

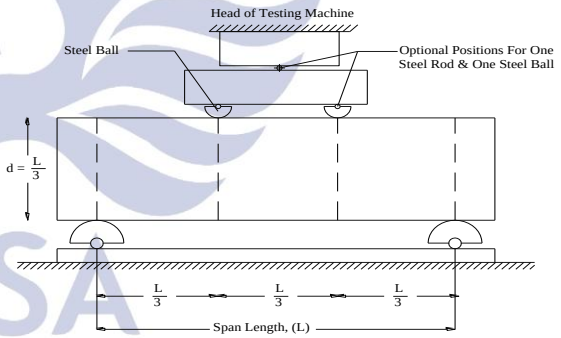
Pengujian benda uji balok beton meliputi:

1. Pengujian waktu ikat semen, meliputi pengujian waktu ikat awal dan akhir dari semen antara beton normal dengan beton tambahan tetes tebu.
2. Pengujian *slump* dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat secara seksama nilai penurunan campuran beton dalam tiap variasi.
3. Pengujian kuat tekan untuk mendapatkan mutu beton dimana untuk uji kuat tekan menggunakan silinder berukuran Ø150 mm x 300 mm kemudian diuji dengan *Compressive Strenght*. Rumus untuk menghitung kuat tekan adalah:

   $$F = \frac{P}{A}$$

   dengan:

   F = Kuat tekan (MPa)
   P = Gaya tekan (N)
   A = Luas (mm^2)
4. Pengujian kuat lentur menggunakan balok berukuran 150 mm x 150 mm x 550 mm (ASTM C 78) diberi beban pada tiga titik dan diuji dengan *Universal Testing Machine*. Adapun model pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model pengujian kuat lentur

Rumus untuk mencari kuat lentur adalah:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

dengan:

R = Kuat lentur maksimum (MPa)
P = Gaya (N)
L = Panjang bentang (mm)
b = lebar bentang (mm)
d = tebal (mm)

5. Pengujian lebar retak dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat lentur. Balok yang dibebani sampai runtuh akanretak dan untuk mendapatkan nilai lebar retak menggunakan alat *Microscope Crack Detector*.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Teknik Analisis Data

Setelah melakukan pengujian, data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis data deskriptif dengan rincian sebagai berikut:

1. Data hasil *slump* harus sesuai dengan persyaratan *mix design* yang telah dibuat dimana nilai *slump* bekisar 6 – 18 cm.
2. Data hasil nilai kuat tekan harus sesuai dengan rencana, dimana rencana nilai kuat tekan adalah 20 MPa.
3. Data hasil nilai kuat lentur harus sesuai dengan rencana, dimana rencana nilai kuat lentur adalah 4 MPa.
4. Data hasil lebar retak direncanakan 0,18 mm. Adapun toleransi lebar retak menurut ACI 224 dapat dilihat pada Tabel 3.

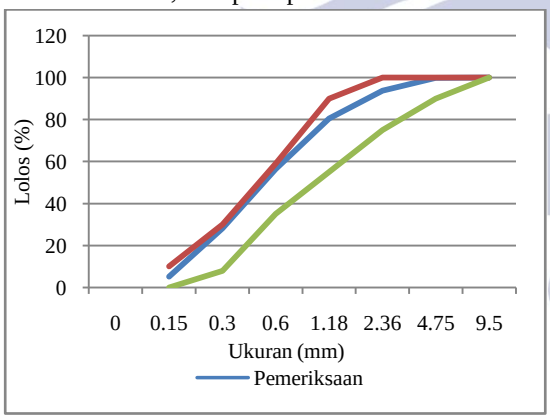
Tabel 3. Toleransi lebar retak balok

No.	Kondisi Lingkungan	Retak(mm)
1.	Udara kering&membran terlindung	0,41
2.	Udara lembab	0,3
3.	Senyawa kimia	0,18
4.	Air laut, basah maupun kering	0,15
5.	Struktur penahan air	0,1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

1. Agregat halus (pasir)
   a. Uji analisa saringan
   Hasil uji menunjukan bahwa modulus kehalusan butiran adalah 3,36 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil uji saringan pasir

Dari analisis saringan agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus tersebut masuk kedalam Zona II yang diklasifikasikan sebagai pasir sedang.

   b. Uji berat jenis agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa berat jenis pasir adalah 2,33. Ini menunjukan bahwa pasir cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0 – 3,0 gram/cc.

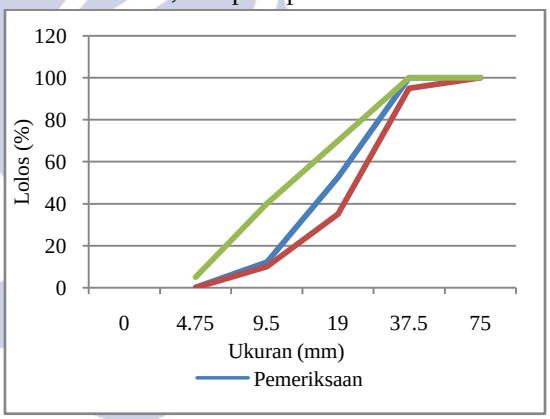
   c. Uji berat isi agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa berat jenis pasir adalah 1,537. Ini menunjukan bahwa pasir tersebut baik karena mempunyai berat isi antara 1,0 – 2,0.

   d. Uji kadar air agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa berat jenis pasir adalah 3,03%. Ini menunjukan bahwa pasir tersebut bisa langsung digunakan dalam pengecoran beton karena kurang dari 5%.

   e. Uji penyerapan agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa penyerapan pasir adalah 1,709%.Ini menunjukan bahwa pasir tersebut baik karena nilai dibawah 5%.

   f. Uji kadar lumpur agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa kadar lumpur dalam pasir adalah 3,842%. Ini menunjukan bahwa pasir tersebut baik karena nilai dibawah 5%.

2. Agregat kasar (kerikil)
   a. Uji analisa saringan
   Hasil uji menunjukan bahwa modulus kehalusan butiran adalah 3,34 seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil uji saringan kerikil

Dari analisis saringan agregat kasar dapat diketahui bahwa ukuran butiran agregat kasar maksimum 40 mm.

   b. Uji berat jenis agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa berat jenis pasir adalah 2,45. Ini menunjukan bahwa kerikil cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0 – 3,0 gram/cc.

   c. Uji berat isi agregat halus
   Hasil pengujian menunjukan bahwa berat isi kerikil adalah 1,531. Ini menunjukan bahwa kerikil tersebut baik karena mempunyai berat isi antara 1,0 – 2,0.

   d. Uji kadar air agregat kasar
   Hasil pengujian menunjukan bahwa kadar air kerikil adalah 1,04%. Ini menunjukan bahwa

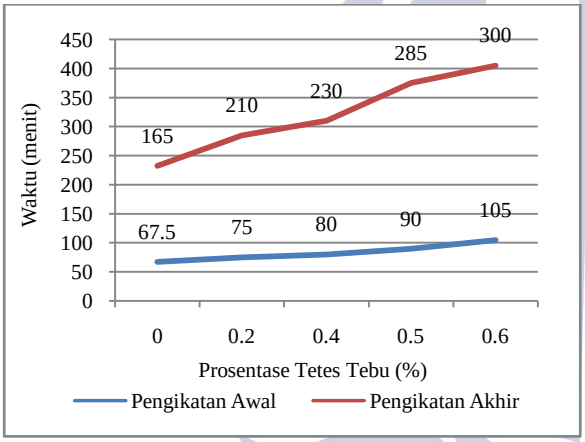
kerikil tersebut baik dalam pengecoran beton karena kurang dari 5%.

e. Uji penyerapan agregat kasar
Hasil pengujian menunjukan bahwa penyerapan kerikil adalah 2,02%. Ini menunjukan bahwa kerikil tersebut baik karena nilai dibawah 5%.

f. Uji kadar lumpur agregat halus
Hasil pengujian menunjukan bahwa kadar lumpur dalam kerikil adalah 0,892%. Ini menunjukan bahwa kerikil tersebut baik karena nilai dibawah 5%.

Hasil dan Pembahasan Benda Uji

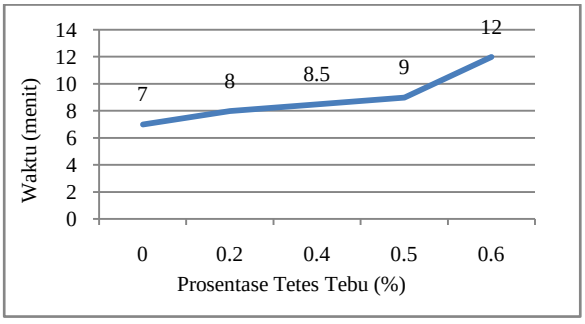
1. Pengujian waktu ikat semen
Hasil uji waktu pengikatan semen beton normal dengan beton tambahan tetes tebu dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik waktu ikat semen dengan penambahan tetes tebu

Dari gambar tersebut diperoleh waktu ikat awal dan waktu ikat akhir semen terlama terdapat pada variasi penambahan tetes tebu 0,6% dimana waktu ikat awal terjadi pada menit 105, dan waktu ikat akhir pada menit ke 300.

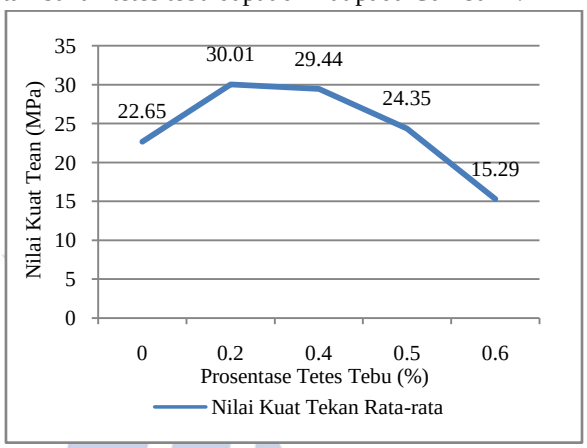
2. Pengujian *slump*
Pengujian slump dilakukan pada beton segar yang diharapkan dapat mengetahui kekentalan dan kemudahan pengerjaan adukan beton. Adapun hasil uji *slump* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian *slump* dengan variasi tetes tebu

Hasil tersebut menunjukan bahwa meningkatkanya nilai *slump* dipengaruhi dari penambahan tetes tebu.Hal ini sesuai dengan sifat tetes tebu yaitu mengencerkan campuran beton.

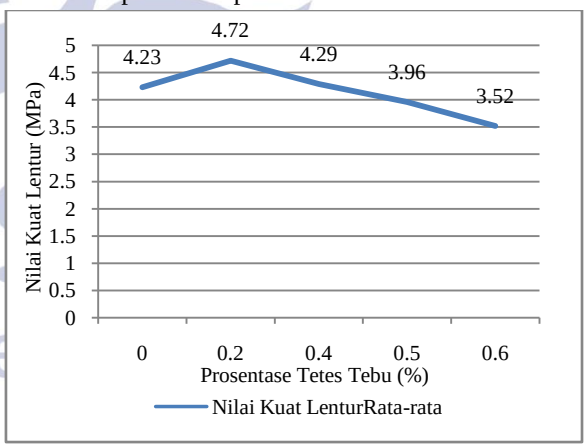
3. Pengujian kuat tekan
Hasil uji kuat tekan pada beton normal dan beton tambahan tetes tebu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal dengan beton tetes tebu

Berdasarkan dari Gambar 7.menunjukan bahwa nilai kuat tekan optimal terjadi pada penambahan tetes tebu 0,2% sebesar 30,01 MPa.

4. Pengujian kuat lentur
Pengujian kuat lentur dilaksanakan setelah umur beton mencapai 28 hari.Adapun hasil pengujian kuat lentur rata-rata dapat dilihat pada Gambar 8.

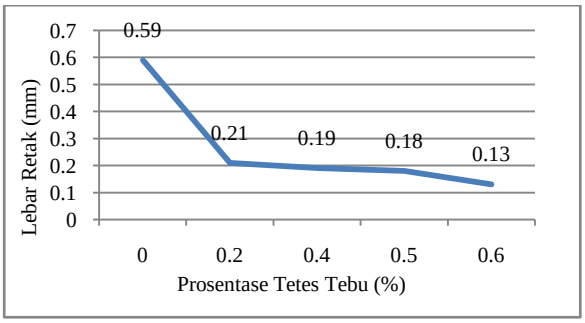


Gambar 8. Nilai kuat lentur rata-rata beton normal dengan beton tetes tebu

Dari data pengujian kuat lentur diatas, diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan kuat lentur pada variasi penambahan tetes tebu 0,2% yaitu sebesar 4,72 MPa. Akan tetapi, semakin banyak penambahan tetes tebu, maka nilai dari kuat lentur tersebut akan menurun dimana nilai terendah untuk kuat lentur pada penambahan variasi 0,6% sebesar 3,52 MPa.

5. Pengujian lebar retak

Data hasil uji lebar retak dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai lebar retak rata-rata beton normal dengan beton tetes tebu

Dari data diatas menunjukan bahwa penambahan tetes tebu pada campuran beton akan memperkecil besarnya lebar retak yang terjadi.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan maka diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) pada pengujian kuat lentur, diperoleh nilai kuat lentur maksimum pada penambahan tetes tebu 0,2% sebesar 4,72 MPa dari beton normal, sedangkan semakin banyak penambahan tetes tebu mengalami penurunan dimana nilai minimum didapat pada penambahan tetes tebu 0,6% sebesar 3,52 MPa dari beton normal. Pada lebar retak, penambahan tetes tebu 0,6% menghasilkan lebar retak beton yang jauh lebih kecil, yaitu 0,13 mm. Artinya, semakin banyak penambahan tetes tebu maka akan menghasilkan lebar retak beton yang lebih kecil; (2) penambahan tetes tebu mengalami beberapa pengaruh variasi, diantaranya dapat meningkatkan nilai slump dimana didapatkan nilai slump tertinggi pada penambahan tetes tebu 0,6% sebesar 12 cm. Selain itu, semakin banyak penambahan tetes tebu juga mempengaruhi waktu ikat awal dan akhir semen. Waktu ikat semen terlama didapat pada penambahan tetes tebu sebanyak 0,6% dimana waktu ikat awal terjadi pada menit 105, dan waktu ikat akhir terjadi pada menit ke 300.

Saran

Dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi selama penelitian yang akhirnya sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapat, maka saran-saran yang dapat diberikan sebagai berikut: (1) perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang pemakaian bahan retarder dan hasilnya dibandingkan dengan pemakaian tetes tebu pada campuran beton; (2) untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti perlu dilakukan penelitian dengan variasi penambahan tetes tebu yang lebih banyak dengan kenaikan yang lebih kecil; (3) ketelitian dalam pengamatan perlu mendapatkan perhatian yang seksama, karena berpengaruh dalam hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

ACI 224.1R-07. *Control of Cracking in Concrete Structures*. ACI WASHINGTON.

Akogu, Abalaka. 2011. "Effects of Sugar on Physical Properties of Ordinary Portland Cement Paste and Concrete". Jurnal AU J.T. 14(3): hal. 225-228.

Anonim. 1991. *Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Anonim.2002. *Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Anonim.2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

Anonim.2002. *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Normal*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

ASTM C-78. 2004. *Standard Test Method for Flexural Strenght of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading*). ASTM USA.

Daniel Charles Birru, Rr. Vera Windya K. I.. 2009. *Kinerja Kuat Tekan Mortar & Beton Dengan Bahan Tambah Larutan Tebu Pada Umur 28, 56, 84 Hari*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Semarang: Pps Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Nawy. E. G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Jakarta: Erlangga.

Suhendro Trinugroho, Mochtar Rifa'i. 2012. "Pemakaian Variasi Bahan Tambah Larutan Gula Dan Variasi Abu Arang Briket Pada Kuat Beton Mutu Tinggi". Jurnal Teknik Sipil: hal. 139-144.

Syahnan, Ahmad Prima. 2014. *Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton.*Tugas akhir tidak diterbitkan. Medan: Pps Unibersitas Sumatera Utara Medan.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton I*. Yogyakarta.

UNESA Universitas Negeri Surabaya