

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 02	NOMER: 02	HALAMAN: 125 - 133	SURABAYA 2016	ISSN: 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. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. 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. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. 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 2 Nomer 2/rekat/16 (2016)	
PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO DAN <i>FLY ASH</i> SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PADA PEMBUATAN BATA BETON RINGAN	
<i>Wenny Masita Rosanti, E. Titiek Winanti,</i>	01 – 07
PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA TUKANG BESI UNTUK PEKERJAAN PEMBESIAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT DI SURABAYA DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKTIVITAS	
<i>Yudha Karismawan, Hasan Dani,</i>	08 – 14
KAJIAN KUALITAS <i>CROSSWALK</i> PADA JALUR PEJALAN KAKI BERDASARKAN PEDESTRIAN <i>ENVIROMENTAL QUALITY INDEX</i> (PEQI) (STUDI KASUS : JALAN PAHLAWAN KOTA SEMARANG)	
<i>amanda Pattisinai,</i>	15 – 22
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KERANG TERHADAP WAKTU PENGIKATAN AWAL, <i>WORKABILITY</i> , DAN KUAT TEKAN PADA PEMBUATAN BETON <i>GEOPOLYMER</i> DENGAN TEMPERATUR NORMAL	
<i>Onny Liangsari, Arie Wardhono,</i>	23 – 30
STUDI RESPON HARMONIS PONDASI MESIN TIPE PORTAL DENGAN SISTEM PERLETAKAN JEPIT DAN SSI	
<i>Muhammad Imaduddin,</i>	31 – 43
ANALISA HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON <i>GEOPOLYMER</i> BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN SLAG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA TEMPERATUR NORMAL	
<i>Dini Wulan Ramadhani, Arie Wardhono,</i>	44 – 52

PENGARUH PENAMBAHAN <i>SLAG</i> TERHADAP WAKTU PENGIKATAN AWAL, <i>WORKABILITY</i> , DAN KUAT TEKAN PADA PEMBUATAN BETON <i>GEOPOLYMER</i> PADA TEMPERATUR NORMAL <i>Dynie Siputri Titi, Arie Wardhono,</i>	53 – 61
PENGARUH DIAMETER PEMOTONGAN PROFIL (D) TERHADAP KEKUATAN LENTUR <i>CASTELLATED BEAM</i> BUKAAN LINGKARAN (<i>CIRCULAR</i>) UNTUK STRUKTUR BALOK <i>Nita Ratna Sari, Suprpto,</i>	62 – 68
PENGARUH TINGGI PEMOTONGAN PROFIL (H) TERHADAP KEKUATAN LENTUR <i>CASTELLATED BEAM</i> BUKAAN BELAH KETUPAT (<i>RHOMB</i>) UNTUK STRUKTUR BALOK <i>Astri Putri Rahayu, Suprpto,</i>	69 – 75
PENGARUH JARAK BAUT SAMBUNGAN BATANG TARIK TERHADAP KUAT TARIK DAN KUAT GESER KUDA-KUDA <i>DOUBLE</i> PROFIL BAJA RINGAN <i>Moh. Hudan Manggala, Suprpto,</i>	76 – 83
ANALISA KAPASITAS TAMPUNGAN PADA SUNGAI PUCANG KABUPATEN SIDOARJO DALAM MENAMPUNG DEBIT BANJIR <i>Evi Rahmawati , Nurhayati Aritonang,</i>	84 – 92
ANALISA PENERAPAN ISO 9001:2008 PADA PROYEK APARTEMEN <i>VENETIAN GRAND SINGKONO LAGOON</i> DI SURABAYA OLEH PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN (Persero) Tbk <i>Ratna Novitasari, Mas Suryanto H.S,</i>	93 – 100
PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS BETON <i>GEOPOLYMER</i> BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NAOH 10 MOLAR <i>Linda Oktafianti, Arie Wardhono,</i>	101 – 108
ANALISIS PENAMBAHAN SERBUK BATU GAMPING GRESIK TERHADAP NILAI DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF <i>Sagita Sari, Machfud Ridwan,</i>	109 – 117

OPTIMALISASI BATANG TEKAN DAN BATANG TARIK PADA RANGKA BATANG BAJA RINGAN

Ahmad Faza Riwidyanto, Karyoto,..... 118 – 124

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU (*BAGASSE ASH*) TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA STRUKTUR BALOK PENDEK

Meity Wulandari, Sutikno, 125 - 133



Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*) Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Pada Struktur Balok Pendek

Meity Wulandari

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: meity.wulandari28@gmail.com

Sutikno

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: sutikno.sampun@gmail.com

Abstrak

Makin pesatnya pembangunan didunia konstruksi saat ini membuat permintaan terhadap kebutuhan semen meningkat. Peningkatan kebutuhan semen tidak berimbang dengan produksi semen sehingga dibutuhkan alternatif untuk mengurangi pemakaian semen yaitu dengan memanfaatkan limbah industri yang tidak dimanfaatkan dan dihasilkan dalam jumlah yang besar serta kandungannya mirip dengan semen. Salah satunya adalah Abu ampas tebu (*bagasse ash*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur pada balok pendek. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode uji laboratorium. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm untuk pengujian kuat tekan. Sedangkan, untuk pengujian kuat lentur, benda uji berupa balok beton bertulang dengan ukuran 150x200x1500 mm. Perbandingan bentang geser terhadap tinggi balok ($a/d = 2,1$). Komposisi Abu ampas tebu (*bagasse ash*) masing-masing adalah 0%, 8%, 16% dan 24 %. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dengan mutu beton $f'_c=20$ MPa, penambahan AAT mampu menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton normal. Nilai kuat tekan terbesar pada komposisi AAT 8% sebesar 20,38 MPa. Sedangkan, untuk beton normal kuat tekan yang dihasilkan sebesar 17,71 MPa. Hasil uji kuat lentur pada balok pendek ($a/d=2,1$) dengan penambahan Abu ampas tebu (*bagasse ash*) menghasilkan beban maksimal (P_{maks}) terbesar pada komposisi AAT 8% yaitu 52,58 kN sedangkan yang terkecil adalah pada komposisi AAT 24% yaitu 40,18 kN. Pola retak dan keruntuhan yang terjadi pada balok pendek dengan penambahan abu ampas tebu saat pengujian dominan ditengah bentang, retak geser hanya terjadi pada balok dengan komposisi abu ampas tebu 24%.

Kata Kunci: abu ampas tebu, kuat tekan, kuat lentur, balok pendek, beton bertulang

Abstract

Increasing development in the construction of the world is creating demand for cement demand increased. The increase in cement demand is not balanced with the production of cement and so needed alternative to reduce the use of cement is by utilizing industrial waste that is not used and produced in large quantities as well as its content is similar to cement. One of which is Bagasse ash. Purpose of this research is effect of bagasse ash on compressive strength and flexural strength at short beam. This research was conducted with laboratory test methods. Specimens used in this research is a cylinder concrete with diameter of 100 mm and height of 200 mm for compressive strength testing. While, for flexural strength testing, the test object in the form of reinforced concrete beams with the size of 150x200x1500 mm. Shear span ratio and high effective (a/d) is 2,1. Bagasse ash composition of each is 0%, 8%, 16% and 24%. Based on the research that has been done, the concrete quality $f'_c=20$ MPa, addition of AAT is able to produce the compressive strength of higher than normal concrete. The compressive strength value on the composition of AAT 8% of 20.38 MPa. Meanwhile, for normal concrete compressive strength generated at 17.71 MPa. Test results on beam flexural strength of short ($a/d=2.1$) with bagasse ash addition produces a maximum load (P_{max}), the largest on the composition of AAT 8% ie 52.58 kN while the smallest is in the composition AAT 24% is 40.18 kN. The pattern of cracks and collapse that occurred in short logs with the addition of bagasse ash current dominant testing amid the landscape, shear cracks occur only in the beam with a composition of 24% bagasse ash.

Keywords: bagasse ash, compressive strength, flexural strength, reinforced concrete

PENDAHULUAN

Pembangunan didunia konstruksi saat ini sangat gencar dilakukan untuk memenuhi segala kebutuhan manusia. Salah satu komponen utama dalam konstruksi bangunan gedung adalah beton.

Beton merupakan bahan utama dalam struktur sebuah bangunan. Bahan utama penyusun beton antara lain semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Makin pesatnya pembangunan dunia konstruksi saat ini membuat permintaan terhadap kebutuhan semen

meningkat. Kapasitas produksi semen nasional pada 2015 diproyeksikan naik menyentuh 70,22 juta ton per tahun seiring konsumsi yang diproyeksikan terus menguat dengan pertumbuhan industri semen hingga 8% per tahun. Peningkatan kebutuhan semen tidak berimbang dengan produksi semen sehingga digunakan semen impor untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian semen yaitu dengan menggunakan bahan pengganti semen. Beberapa bahan pengganti yang dapat digunakan adalah limbah industri yang tidak dimanfaatkan dan dihasilkan dalam jumlah yang besar serta kandungannya mirip dengan semen. Salah satunya adalah abu ampas tebu (*bagasse ash*).

Abu ampas tebu (*bagasse ash*) merupakan limbah padat hasil pembakaran ampas tebu yang digunakan sebagai bahan bakar pemanasan boiler untuk penghasil uap panas pada industri gula. Dari pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan bakar sebenarnya sudah memberikan keuntungan pada pihak pabrik karena mengurangi biaya proses produksi, namun dari pembakaran ini timbul hasil sampingan yaitu abu *bagasse* yang sampai saat ini belum dimanfaatkan sehingga dapat mempengaruhi lingkungan sekitarnya (Satwarnirat, 2006). Abu ampas tebu (*bagasse ash*) memiliki kandungan silika oksida (SiO_2) sebesar 80,81 % (Wira dan Rudi, 2002). Dimana silikat ini merupakan silikat bentuk amorof yang pada umumnya mempunyai keaktifan mengikat relatif tinggi, sehingga potensial sebagai bahan tambahan dalam campuran beton (Wardi, 2003).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan hasil tes tekan, tes tarik dan uji porositas pada penelitian beton telah membuktikan bahwa AAT (abu ampas tebu) berfungsi sebagai *pozzolan* dengan kuat tekan terbesar, kuat tarik terbesar dan porositas terkecil ada pada dengan 10% AAT. Penelitian pada beton dilakukan dengan komposisi AAT (abu ampas tebu) 0%, 10%, dan 20% sebagai pengganti semen (Ghozi, 2001). Penelitian lainnya juga menunjukkan dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur abu ampas tebu (28,31 MPa) cenderung memiliki kekuatan yang sama dengan kekuatan beton normal (28,82 MPa) jika perkembangan kekuatannya dilanjutkan untuk jangka waktu yang lama (Wira dan Rudi, 2002).

Hasil penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu kedalam adukan beton, memberikan pengaruh nyata terhadap kuat tekan beton jika dibandingkan tanpa abu ampas tebu,

dimana semakin banyak abu ampas tebu maka memberikan kekuatan yang lebih tinggi yang mana terdapat pada pada konsentrasi abu ampas tebu 20% : 40,365 Mpa sedangkan tanpa abu ampas tebu kuat tekan betonnya 34,753 Mpa (Satwarnirat, Aguskomar dan Lismar rusli, 2006).

Dengan adanya pemanfaatan limbah abu ampas tebu (*bagasse ash*) sebagai bahan substitusi sebagian semen diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton. Selain itu dapat mengurangi biaya pembangunan sehingga lebih ekonomis.

Balok pendek memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan retak miring. Retak miring pada balok merupakan awal dari runtuh geser yang dominan terjadi pada balok pendek, dimana runtuhnya terjadi sangat tiba-tiba tanpa ada tanda-tanda sebelumnya (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1986). Nilai a/d dari balok pendek adalah $1 < a/d \leq 2,5$. Semakin besar nilai banding bentang geser (a) terhadap tinggi efektif (d) pada balok maka semakin menambah kekuatan momen lentur dan mengurangi kekuatan geser tekan (Yasril Mahendra Al Ayyubi, 2013).

Penelitian tentang pemanfaatan abu ampas tebu (*bagasse ash*) terbatas pada beton tanpa tulangan. Sehingga, perlu dikembangkan lagi untuk beton bertulang yang hasil akhirnya nanti dapat diketahui seberapa besar pengaruh penambahan abu ampas tebu (*bagasse ash*) terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada struktur balok pendek.

Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*)

Menurut Gerry Phillip Rompas, J.D. Pangouw, dan J.B. Mangare (2013), Abu ampas tebu adalah abu yang diperoleh dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan telah melalui proses pembakaran pada ketel-ketel uap di mana ampas tebu ini digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap di pabrik gula. Ketel uap merupakan sumber pembangkit tenaga untuk menggerakkan alat penggilingan tebu.

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran lebih dari 600°C sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan warna dari yang semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi cokelat agak kemerahan di mana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang tinggi. (1)

Kuat tekan

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur.

Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan workability akan tetapi menurunkan kekuatan. Selain itu juga ditentukan oleh kecepatan pembebanan serta kondisi pada saat pembebanan (Gerry Phillip dkk., 2013). Nilai kekuatan beton dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut,

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

dimana :

- f_c = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban runtuh yang di terima benda uji (N)
- A = luas penampang benda uji (mm)

Kuat Lentur

Menurut Edward G. Nawy (1990) lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah, maka pada akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang betang balok. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur.

Menurut Stevie Andean, M.D.J. Sumajouw, dan Reky S. Windah (2015:3) jenis keruntuhan pada balok terdapat 3 macam, yaitu :

- Keruntuhan Tarik (*Under-reinforced*)
Keruntuhan Tarik terjadi bila jumlah tulangan baja tarik sedikit sehingga tulangan tersebut akan leleh terlebih dahulu sebelum betonnya pecah, yaitu apabila regangan baja (ϵ_s) lebih besar dari regangan beton (ϵ_y). Penampang seperti itu disebut penampang *under-reinforced*, perilakunya sama seperti yang diperlihatkan pada balok uji yaitu daktail (terjadinya deformasi yang besar sebelum runtuh). Semua balok yang direncanakan sesuai peraturan diharapkan berperilaku seperti itu. Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan tarik terjadi apabila :

$$\rho < \rho_b$$

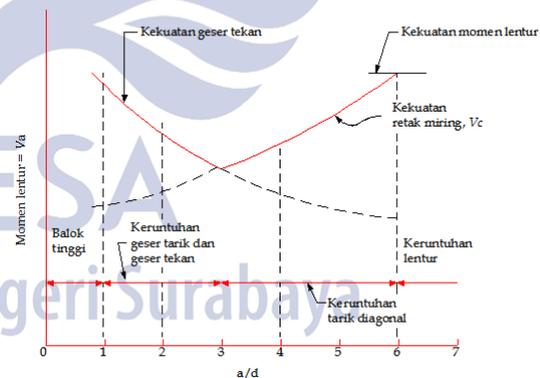
- Keruntuhan Tekan (*Over-reinforced*)
Keruntuhan Tekan terjadi bila jumlah tulangan vertical banyak maka keruntuhan dimulai dari beton sedangkan tulangan bajanya masih elastis, yaitu apabila regangan baja (ϵ_s) lebih kecil dari regangan beton (ϵ_y). Penampang seperti itu disebut penampang *over-reinforced*, sifat keruntuhannya adalah getas (non-daktail). Suatu kondisi yang berbahaya karena penggunaan bangunan tidak melihat adanya deformasi yang besar yang dapat dijadikan pertanda bilamana struktur tersebut mau runtuh, sehingga tidak ada kesempatan untuk menghindarinya terlebih dahulu. Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan tekan terjadi apabila :

$$\rho > \rho_b$$

- Keruntuhan *Balance*
Keruntuhan Balance terjadi jika baja dan beton tepat mencapai kuat batasnya, yaitu apabila regangan baja (ϵ_s) sama besar dengan regangan beton (ϵ_y). Jumlah penulangan yang menyebabkan keruntuhan *balance* dapat dijadikan acuan untuk menentukan apakah tulangan tarik sedikit atau tidak, sehingga sifat keruntuhan daktail atau sebaliknya. Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan *balance* terjadi apabila :

$$\rho = \rho_b \tag{4}$$

Balok Pendek

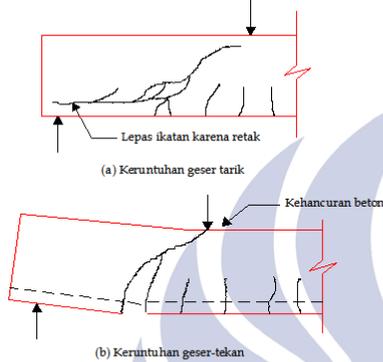


Gambar 1. Variasi di dalam Kekuatan Geser Sesuai Dengan a/d Untuk Balok-Balok Persegi (Chu-Kia Wang:1993).

Dari gambar 2.1 diatas dapat ditetapkan empat kategori umum keruntuhan yaitu balok tinggi dengan a/d <1, balok pendek dengan a/d sebesar 1 sampai sekitar 2 ½ , dimana kekuatan geser melampaui kapasitas retak miring, balok biasa dengan panjang menengah dan a/d 2 ½ sampai 6, dimana kekuatan geser menyamai kapasitas retak miring, dan balok panjang dengan a/d yang lebih besar dari 6 dan

kekuatan lentur yang lebih kecil dari kekuatan gesernya (Chu-Kia Wang:1993).

Menurut Chu-Kia Wang (1993), balok pendek ($1 < a/d \leq 2,5$) memiliki kekuatan yang melebihi kekuatan retak miring. Setelah retak lentur-geser terjadi, retak merambat lebih jauh ke dalam daerah tekan dengan naiknya beban. Retak ini juga merambat sebagai suatu retak sekunder menuju tulangan tarik dan kemudian menerus secara horizontal sepanjang penulangan tersebut. Keruntuhan yang terjadi adalah geser tarik (*shear tension*), geser tekan (*retak miring*).

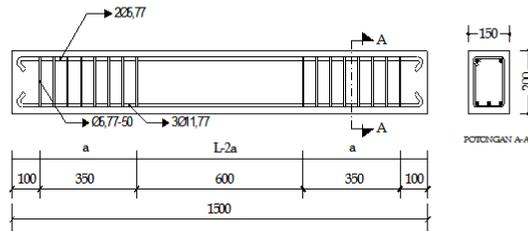


Gambar 2. Jenis-Jenis Keruntuhan Pada Balok Pendek, $a/d = 1$ Sampai $2 \frac{1}{2}$ (Chu-Kia Wang:1993).

METODE

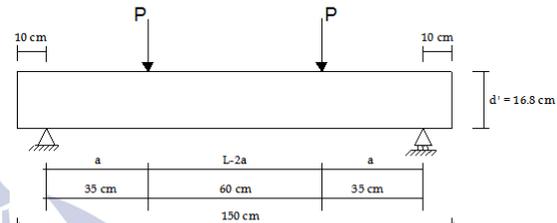
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Dan Beton, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini menganalisis penambahan abu ampas tebu (*bagasse ash*) pada beton mutu normal sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada balok pendek. Komposisi abu ampas tebu (*bagasse ash*) masing-masing sebesar 0%, 8%, 16%, dan 24% dari berat semen.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm untuk uji kuat tekan. Sedangkan, untuk uji kuat lentur adalah balok beton bertulang dengan ukuran 150x200x1500 mm. Jumlah tulangan tarik pada balok adalah 3Ø12, jumlah tulangan tekan 2Ø6, dan tebal selimut betonn 20 mm. Berikut adalah detail benda uji balok beton bertulang :



Gambar 3. Detail Benda Uji Balok

Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan saat beton berumur 28 hari. Uji kuat tekan menggunakan UTM (*Universal testing Machine*). Pengujian lentur pada balok menggunakan metode tiga titik pembebanan (*third point loading*). Perbandingan bentang geser terhadap tinggi balok ($a/d = 2,1$). Berikut ini adalah *setting* pembebanan pada balok :



Gambar 4. *Setting* Pembebanan Pada Balok Pendek

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan

Agregat kasar (kerikil) yang digunakan dalam pengujian berupa kerikil dengan ukuran 20 mm. Berikut ini adalah hasil pengujian agregat kasar :

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan (FM)	3,56
2	Kadar air	1,01 %
3	Berat jenis	2,80
4	Kadar lumpur	0,8%
5	Absorbsi	3,78
6	Berat volume	1,98

Agregat halus yang digunakan dalam pengujian adalah pasir yang dijual di wilayah Surabaya. Berikut ini adalah hasil pengujian agregat halus :

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan (FM)	3,44
2	Kadar air	2,04%
3	Berat jenis	2,61
4	Kadar lumpur	4 %
5	Absorbsi	3,73
6	Berat volume	1,98

Hasil pengujian bahan pada agregat halus dan agregat halus telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk campuran beton.

Hasil Pemeriksaan XRF Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu (*Bagasse Ash*) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sisa pembakaran ampas tebu di PG. Candi Baru. Pengujian komposisi kimia dari Abu ampas tebu dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Universitas Negeri Malang. Adapun

komposisi kimia dari abu ampas tebu (*bagasse ash*) sebagai berikut :

Tabel 3. Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu

Compound	Conc (%)	Methods
Si	53.0 +/- 0.08	XRF
P	2.9 +/- 0.07	
S	1.2 +/- 0.07	
K	13.3 +/- 0.05	
Ca	14.7 +/- 0.2	
Ti	0.25 +/- 0.003	
Cr	0.058 +/- 0.005	
Mn	0.96 +/- 0.01	
Fe	6.19 +/- 0.06	
Ni	0.15 +/- 0.006	
Cu	0.18 +/- 0.005	
Zn	3.34 +/- 0.03	
Rb	0.19 +/- 0.003	
Sr	0.33 +/- 0.01	
Mo	2.9 +/- 0.2	
Ba	0.2 +/- 0.02	
Eu	0.08 +/- 0.04	
Yb	0.08 +/- 0.02	

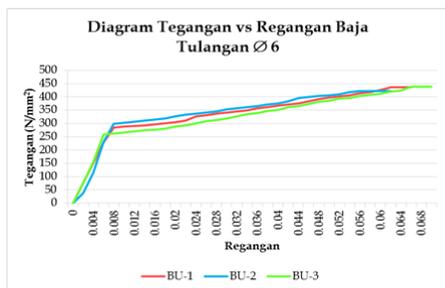
Berdasarkan hasil uji komposisi kimia pada tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa unsur kimia yang paling dominan pada abu ampas tebu adalah Si (Silika) sebesar 53% dan yang kedua adalah Ca (Kalsium) sebesar 14,7%. Silika.

Hasil Uji Mutu Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja tulangan polos dengan Ø6 dan Ø12. Untuk mengetahui mutu dari baja tulangan dilakukan pengujian tarik baja tulangan. Berikut ini adalah hasil uji tarik baja tulangan Ø6 :

Tabel 4. Kuat Tarik Baja Tulangan Polos Ø6

Sampel Tulangan	Diameter (mm)	A (mm ²)	P (kN)	σ = P/A (N/mm ²)
BU-1	5.79	26.33	7.5	284.85
BU-2	5.76	26.06	7.8	299.34
BU-3	5.75	25.97	6.7	258.02
Average				280.73



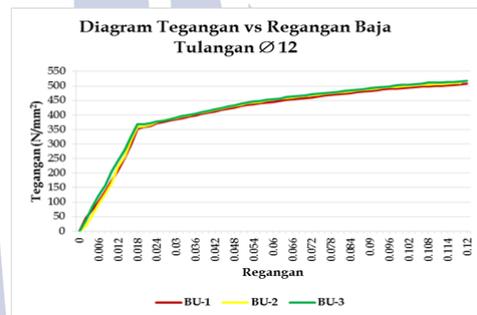
Gambar 5. Grafik Tegangan Vs Regangan Baja Tulangan Polos Ø6.

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 5 dapat dilihat nilai tegangan leleh (*f_y*) baja tulangan polos Ø6 pada BU- 1 sebesar 284,85 N/mm², BU-2 sebesar 299,34 N/mm² dan BU-3 sebesar 258,02 N/mm². Sehingga, nilai tegangan leleh (*f_y*) rata-rata dari baja tulangan polos Ø6 sebesar 280,73 N/mm².

Hasil uji tarik baja tulangan polos Ø12 adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Kuat Tarik Baja Tulangan Polos Ø12

Sampel Tulangan	Diameter (mm)	A (mm ²)	P (kN)	σ = P/A (N/mm ²)
BU-1	11.85	110.29	39	353.61
BU-2	11.78	108.99	39	357.84
BU-3	11.69	107.33	39.5	368.03
Average				359.83



Gambar 6. Grafik Tegangan Vs Regangan Baja Tulangan Polos Ø12.

Berdasarkan tabel 5 dan gambar 6 dapat dilihat nilai tegangan leleh (*f_y*) baja tulangan polos Ø12 pada BU- 1 sebesar 353,61 N/mm², BU-2 sebesar 357,84 N/mm² dan BU-3 sebesar 368,03 N/mm². Sehingga, nilai tegangan leleh (*f_y*) rata-rata dari baja tulangan polos Ø6 sebesar 359,83 N/mm².

Hasil Uji Slump

Pengujian slump (*slump test*) bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) pada beton segar. Campuran beton segar yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak. Hasil *slump test* dijelaskan pada tabel 6 dibawah ini :

Tabel 6. Nilai Slump Test

Komposisi AAT (%)	Nilai Slump (cm)
0	10
8	8
16	7
24	7

Berat Volume Benda Uji Silinder

Berat volume benda uji silinder dilakukan untuk mengetahui berat volume dari masing-masing benda uji. Benda uji berupa silinder dengan ukuran 100 x 200 mm. Untuk menghitung berat jenis, masing-masing benda uji ditimbang kemudian hasilnya dibagi volume dari benda uji. Berikut ini adalah hasil perhitungan berat jenis beton :

Tabel 7. Berat Volume Benda Uji Silinder

Komposisi AAT	No. Benda Uji	Berat (kg)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
Normal 0%	1	4.02	0.0016	2560.51	2579.62
	2	4.07	0.0016	2592.36	
	3	4.06	0.0016	2585.99	
AAT 8%	1	3.89	0.0016	2477.71	2431.00
	2	3.85	0.0016	2452.23	
	3	3.87	0.0016	2464.97	
AAT 16%	1	3.73	0.0016	2375.80	2318.47
	2	3.77	0.0016	2401.27	
	3	3.74	0.0016	2382.17	
AAT 24%	1	3.41	0.0016	2171.97	2200.64
	2	3.46	0.0016	2203.82	
	3	3.45	0.0016	2197.45	

Berdasarkan tabel 7 diatas dapat dilihat bahwa berat jenis benda uji dengan penambahan AAT lebih ringan daripada beton normal. Semakin banyak komposisi AAT maka berat jenis dari beton semakin ringan.

Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan silinder berukuran 100 x 200 mm. Beton silinder yang sudah direndam selama 28 hari diangkat dan diangin-anginkan kemudian dilakukan pengujian tekan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Berikut ini adalah hasil uji tekan pada beton silinder :

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder

% AAT	No. Benda Uji	A (mm ²)	P (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
0%	1	7850	142	18.09	17.71
	2		131	16.69	
	3		144	18.34	
8%	1	7850	163	20.76	20.38
	2		158	20.13	
	3		159	20.25	
16%	1	7850	138	17.58	17.15
	2		132	16.82	
	3		134	17.07	
24%	1	7850	119	15.16	14.99
	2		117	14.90	
	3		117	14.90	

Berdasarkan hasil uji tekan pada tabel 8 diatas, dapat dilihat bahwa kuat tekan terbesar adalah pada komposisi AAT 8% dengan nilai kuat tekan

20,38 MPa dan kuat tekan terkecil adalah pada komposisi 24% dengan nilai kuat tekan 14,99 MPa. Untuk beton normal atau tanpa campuran abu ampas tebu nilai kuat tekannya adalah 17,71 MPa .

Hasil Uji Kuat Lentur Balok

Pengujian kuat lentur beton menggunakan balok ukuran 150x200x1500 mm dengan a/d 2,1 (balok pendek (1 < a/d ≤ 2,5)). Berikut ini adalah hasil pengujian kuat lentur pada balok pendek :

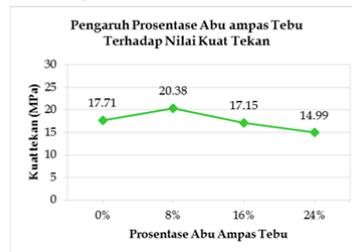
Tabel 9. Hasil Uji Kuat Lentur

% AAT	P _{retak awal} (kN)	M _{cr} (kN.m)	Beban Maksimal (P _{maks}) (kN)	Momen Maksimal (M _{maks}) (kN.m)
0%	11.90	4.17	48.11	16.84
8%	14.88	5.21	52.58	18.40
16%	10.91	3.82	46.62	16.32
24%	8.93	3.13	40.18	14.06

Berdasarkan hasil uji lentur pada tabel 9 diatas diperoleh beban maksimal (P_{maks}) terbesar pada komposisi AAT 8% yaitu 52,58 kN sedangkan yang terkecil adalah pada komposisi AAT 24% yaitu 40,18 kN. Untuk nilai beban retak awal (*first crack*) pada balok berturut-turut dari beton 0%, 8%, 16%, dan 24% sebesar 11,9 kN; 14,88 kN; 10,91 kN; dan 8,93 kN.

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*) Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada beton silinder, penambahan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen memberi pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Dari gambar 4.5 dibawah ini dapat dilihat nilai kuat tekan terbesar terletak pada beton silinder dengan komposisi AAT 8% dengan nilai kuat tekan 20,38 MPa. Sedangkan, untuk beton normal tanpa campuran abu ampas tebu nilai kuat tekannya adalah 17,71 MPa. Namun, semakin banyak kadar abu ampas tebu yang ditambahkan sebagai bahan pengganti sebagian semen nilai kuat tekan beton semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4, beton silinder dengan komposisi AAT 16% nilai kuat tekannya turun menjadi 17,15 MPa dan komposisi AAT 24% nilai kuat tekannya 14,99 MPa.



Gambar 7. Grafik Penambahan AAT Terhadap Kuat Tekan Beton Silinder

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*) Terhadap Kuat Lentur Pada Balok Pendek

Hasil uji kuat lentur pada balok menunjukkan bahwa balok dengan komposisi AAT 8% mampu menerima beban lebih besar dari beton normal. Beban maksimal yang diterima oleh Balok dengan komposisi AAT 8% sebesar 52,58 kN dan momen maksimal sebesar 18,40 kN.m, sedangkan beban maksimal beton normal sebesar 48,11 kN dan momen maksimal sebesar 16,84 kN.m.

Pola Retak Pada Balok Pendek Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*)

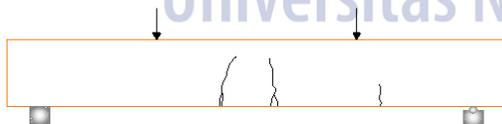
Pada pengujian kuat lentur pada balok pendek tidak hanya diperoleh beban maksimum yang mampu diterima oleh balok, tapi dapat juga dilihat pola retak dan runtuhnya. Pola retak yang terjadi merupakan retak lentur dan retak geser yang terjadi tiap sisi balok dibawah beban yang bekerja. Beban yang ditambahkan pada balok mampu menimbulkan retak-retak baru, tetapi ada juga yang memperlebar dan memperpanjang retakan sebelumnya.

- Balok 1 (Komposisi AAT 0%)

Retak pertama (*first crack*) pada Balok 1 terjadi pada saat mencapai beban sebesar 11,90 kN, retak yang terjadi berupa retak lentur yang dimulai dari bawah menuju ke daerah tekan. Posisi retak pertama berada dibagian bawah 21 cm dari tumpuan kanan.

Semakin besar beban yang diberikan timbul retak baru disepanjang balok dan retak yang terjadi semakin panjang dan lebar.

Balok mulai runtuh saat mencapai beban maksimum sebesar 48,11 kN. Retak yang semakin panjang dan lebar terletak dibagian bawah pada tengah bentang. Retak yang terjadi adalah retak lentur karena karena arah retak tegak lurus sumbu balok.



Gambar 8. Retak Pada Balok 1 Dengan Komposisi AAT 0%

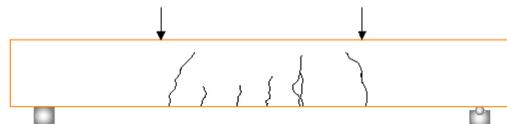
- Balok 2 (Komposisi AAT 8%)

Retak Pertama (*First Crack*) pada Balok 2 terjadi saat mencapai beban sebesar 14,88 kN. Retak yang terjadi berupa retak lentur karena tegak lurus dan berada daerah tengah bentang.

Bersamaan dengan bertambahnya beban, retak yang timbul semakin banyak dan melebar.

Letak retakan berada disepanjang beban yang bekerja.

Balok 2 runtuh saat mencapai beban sebesar 52,58 kN. Retak lentur terjadi pada daerah tengah bentang dan kerusakan juga pada daerah tekan dibawah tumpuan.



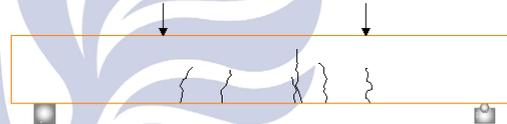
Gambar 9. Retak Pada Balok 2 Dengan Komposisi AAT 8%

- Balok 3 (Komposisi AAT 16%)

Retak Pertama (*First Crack*) pada Balok 3 adalah retak lentur, posisi retakan adalah 35 cm dari tumpuan. Retak pertama terjadi saat mencapai beban sebesar 10,91 kN.

Retak berikutnya timbul didaerah tengah bentang karena beban yang diterima semakin besar.

Balok 3 runtuh saat mencapai beban 46,62 kN. Retak yang timbul mulai dari tumpuan sendi sampai tumpuan rol tegak lurus menuju ke daerah tekan. Kerusakan juga terjadi pada bagian atas pada tengah bentang dibawah tumpuan.



Gambar 10. Retak Pada Balok 3 Dengan Komposisi AAT 16%

- Balok 4 (Komposisi AAT 24%)

Retak Pertama (*First Crack*) pada Balok 4 terjadi saat mencapai beban sebesar 8,93 kN. Retak pertama pada Balok 4 adalah retak miring atau geser.

Retak bertambah namun hanya disekitar tumpuan. Semakin bertambahnya beban retak yang sebelumnya semakin panjang dan lebar.

Balok 4 runtuh saat mencapai beban 40,18 kN. Runtuhnya balok tidak terjadi didaerah tengah bentang, namun disekitar tumpuan sendi dan rol.



Gambar 11. Retak Pada Balok 4 Dengan Komposisi AAT 24%

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Pada Balok Pendek

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur, terdapat perbedaan pada kuat rencana dan kuat aktual diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 10. Perbedaan Kuat Rencana Dan Kuat Aktual

Komposisi AAT	Kuat Tekan Rencana (Mpa)	Kuat Tekan Aktual (Mpa)	P _{maks} Rencana (kN)	P _{maks} Aktual (kN)
0%	20	17.71	62.80	48.11
8%		20.38		52.58
16%		17.15		46.62
24%		14.99		40.18

Berdasarkan tabel 10 diatas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan aktual memenuhi kuat rencana karena kuat tekan yang dihasilkan lebih dari 20 MPa yaitu 20,38 MPa. Beton dengan komposisi AAT 8% mengalami peningkatan sebesar 13,01% dari beton normal. Untuk hasil pengujian lentur pada balok pendek diperoleh beban maksimal (P_{maks}) sebesar 52,58 kN pada komposisi AAT 8% sedangkan P_{maks} rencana adalah sebesar 62,80 kN. Beban maksimum aktual yang dihasilkan lebih kecil dari beban rencana dengan perbedaan sebesar 16,27%.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan abu ampas tebu (bagasse ash) pada beton sebagai pengganti sebagian semen mampu menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi daripada nilai kuat tekan beton normal. Komposisi Abu ampas tebu 8% menghasilkan kuat tekan 20,38 MPa sedangkan untuk beton normal nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 17,71 MPa. Beton dengan komposisi AAT 8% mengalami peningkatan sebesar 13,01% dari beton normal. Namun, semakin banyak kadar yang ditambahkan, nilai kuat tekannya menurun, pada komposisi AAT 16% nilai kuat tekannya turun menjadi 17,15 MPa dan komposisi AAT 24% nilai kuat tekannya 14,99 MPa.
2. Pengujian kuat lentur pada balok pendek (a/d=2,1) dengan penambahan Abu ampas tebu (bagasse ash) menghasilkan beban maksimal (P_{maks}) terbesar pada komposisi AAT 8% yaitu 52,58 kN sedangkan yang terkecil adalah pada komposisi AAT 24% yaitu 40,18 kN. Pola retak dan keruntuhan yang terjadi pada balok pendek dengan penambahan abu ampas tebu saat pengujian dominan ditengah bentang, retak geser

hanya terjadi pada balok dengan komposisi abu ampas tebu 24%.

Saran

Beberapa saran untuk penelitian lanjutan yang dapat dilakukan yaitu :

1. Perlu penambahan bahan tambah lain untuk meningkatkan nilai kuat tekan.
2. Penambahan abu ampas tebu (bagasse ash) perlu dilakukan pada beton mutu tinggi.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti kuat geser dengan penambahan abu ampas tebu (bagasse ash).
4. Perlu dibuat SOP (Standar Operasional Prosedur) agar saat pengecoran dihasilkan beton segar yang sesuai dengan syarat-syarat kelecakan.
5. Saat pengujian kuat lentur diharapkan lebih teliti dalam pembacaan dial gauge dan perlu digunakan alat digital agar data yang didapat lebih mudah.
6. Perlu dilakukan pengukuran lebar retak menggunakan Microcracks.

DAFTAR PUSTAKA

Al Ayyubi, Mahendra Yasril. 2015. "Pengaruh Nilai Banding Bentang Geser (a) Terhadap Tinggi Efektif (d) Pada Balok Dengan Sengkang Miring Ditinjau Dari Kuat Lentur Dan Geser". *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil UNESA*. Vol. 3 nomer 3: hal. 01-11. Surabaya.

Andrean, Stevie, M.D.J. Sumajouw, dan Reky S. Windah. 2015. "Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang dengan Variasi Rasio Tulangan Tarik". *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 3 No. 3 : hal. 172-173 ISSN : 2337-732.

Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon. 1986. *Desain Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.

Disurya, Wira dan Suseno, Rudy. 2002. *Penggunaan Abu Ampas Tebu Untuk Pembuatan Beton Dengan Analisa Faktorial Desain*. Skripsi. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

Ghozi, Muhammad. 2001. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Untuk Campuran Semen Pada Beton*. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Nugraha, Paul dan Antoni. 2004. *Teknologi Beton: Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Bandung: Andi.

Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Surabaya: Srikandi.

- Nuryoso, Kunto. 2010. *UWKS Praktikum Beton*, (Online), <http://kuntunuryoso2.blogspot.co.id/2010/06/uwks-praktikum-beton.html>, diakses 18 November 2015).
- Maryoto, A.2009.*Penurunan Nilai Absorpsi Dan Abrasi Beton Dengan Penambahan Calcium Stearate Dan Fly Ash*. Media Teknik Sipil, Volume IX, Januari 2009 ISSN 1412-0976. Purwokerto.
- McCormac, Jack. 2004. *Desain Beton Bertulang*. Edisi Kelima Jilid 1. Bandung: Erlangga.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Prastyanta, AN.2013.*Pengaruh Terak Ketel Abu Ampas Tebu Pabrik Gula Madukismo Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Beton*.Skripsi.Yogyakarta.
- Rompas, PG., Pangouw, JD., Pandaleke, R., dan Mangare, JB.2013.*Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 (82-89).Manado.
- Satwarnigrat, dkk. 2006. *Study Eksperimental Tentang Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kinerja Beton Normal: Tinjauan Terhadap Kekuatan Tekan*. Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume 2, Nomor 1.Padang.

