

KAJIAN EXPERIMENTAL SIFAT KAREKTERISTIK MORTAR YANG MENGGUNAKAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

Ronny Pandaleke,

Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

Email : ronny_pandaleke@yahoo.com

Abu Ampas Tebu umumnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga hanya menjadi limbah. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai bahan campuran beton. Kandungan Silika Abu Ampas Tebu yang tinggi, memberikan kemungkinan yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pengganti (substitusi parsial) semen, dengan cara mencampurkan Abu Ampas Tebu kedalam campuran mortar.

Dalam penelitian ini diselidiki pengaruh pemanfaatan Abu Ampas Tebu terhadap sifat mekanik mortar yaitu kuat tekan mortar dengan variasi campuran presentasi berat semen diganti dengan Abu Ampas Tebu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Pengujian kuat tekan yang dilakukan menggunakan benda uji berbentuk kubus 50x50x50 mm³ yang dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji yang tidak menggunakan abu ampas tebu (AT 0%) dari prosentase 5 sampai dengan 20 % abu ampas tebu melebihi nilai kuat tekannya. Pada umur 7 hari kuat tekan yang didapat untuk 5 %, 10%, 15%, 20% abu ampas tebu melebihi nilai kuat tekan pada campuran 0% abu ampas tebu. Begitu pula dengan umur 21 dan umur 28 hari semuanya melewati nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh AT1 0 % abu ampas tebu. Untuk campuran dengan menggunakan abu ampas tebu sebanyak 25 % lebih kecil nilainya dibandingkan dengan abu ampas tebu dengan kandungan 0 % abu ampas tebu (AT1).

Kata Kunci : Mortar, Abu Ampas Tebu, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan material beton masih menjadi pilihan utama dalam pembangunan gedung, jembatan, maupun bangunan lainnya. Hal ini terjadi karena material beton sangat mudah diperoleh dan digunakan. Semen portland (PC) sebagai bahan utama beton masih merupakan bahan amat penting dan cukup besar pemakaiannya, hal ini dapat dilihat dari meningkatnya produksi semen di Indonesia.

Semen Portland sebagai bahan dasar material pengikat dari beton, tersusun dari senyawa kimia kapur (CaO), Silika (SiO₂), Alumina (Al₂O₃). Ketiga senyawa tersebut, terdapat juga didalam senyawa penyusun Abu Ampas Tebu (AAT). Silika merupakan senyawa yang paling dominan kandungannya dalam Abu Ampas Tebu, yang bila di campur dengan semen langsung bereaksi membentuk ikatan aktif.

Karenakandungan Silika Abu Ampas Tebu yang tinggi, memberikan kemungkinan yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pengganti (substitusi parsial) semen, dengan cara mencampurkan AAT kedalam campuran beton. Pada umumnya limbah

Industri Pabrik Gula (Abu Ampas Tebu) tersebut hanya terbuang percuma, padahal limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Gula (di Gorontalo) dapat mencapai 1,5 m³ per hari.

Melihat produksi limbah Abu ampas tebu yang cukup besar salah satu solusinya ialah bagaimana AAT tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan pembentuk konstruksi, apakah itu berhubungan dengan struktur, jalan lingkungan (Paving Block), Hollow Brick (material untuk dinding) dan lain sebagainya. Untuk mewujudkan hal tersebut maka diadakanlah penelitian atau kajian – kajian dalam bentuk penelitian pengujian karekteristik beton khususnya mortar.

Berdasarkan uraian di atas maka kami mengusulkan penelitian berjudul “Kajian Eksperimental Sifat Karakteristik Beton yang menggunakan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen”.

Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang masalah maka hal-hal yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu :

1. Berapa persen Abu Ampas Tebu (AAT) yang terpakai dalam campuran mortar untuk memenuhi

kriteria material yang boleh digunakan sebagai bahan bangunan.

2. Bagaimana sifat mekanis mortar apabila menggunakan AAT sebagai bahan substitusi semen.

Pembatasan Masalah

Penelitian ini akan dibahas tentang beton yang menggunakan Abu ampas tebu sebagai bahan pengganti semen dengan kondisi – kondisi sebagai berikut :

1. Abu ampas tebu yang digunakan berasal dari limbah Pabrik Gula yang berlokasi di Propinsi Gorontalo Kabupaten Boalemo.
2. Memakai benda uji mortar yakni balok ukuran 50x50x50 mm.
3. Abu ampas tebu yang digunakan lolos saringan nomor 200.
4. Pemeriksaan sifat mekanis beton yang dilakukan yakni kuat tekan,
5. Untuk pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan tinjauan pada umur beton 7, 21 dan 28 hari.

Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

Setelah melakukan variasi campuran beton dengan Abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen, maka penelitian bertujuan :

1. Menemukan komposisi campuran mortar AAT mana yang menghasilkan kuat tekan paling maksimum pada umur 28 hari.
2. Menggambarkan hubungan kuat tekan mortar dengan syarat – yang ditetapkan oleh SNI untuk pekerjaan yang menggunakan mortar.

Manfaat dari penelitian ini ialah :

1. Dapat digunakan AAT sebagai mineral tambahan pada beton seperti pembuatan *hollow brick*, *Paving block* serta sebagai material untuk konstruksi beton.
2. Dapat mengatasi masalah limbah Pabrik Gula yang dapat merusak lingkungan untuk dipergunakan sebagai material bahan bangunan.

LANDASAN TEORI

Pengertian Umum Beton (Mortar)

Material dasar pembentuk mortar pada hakekatnya dapat dikelompokkan sebagai bahan aktif dan bahan pasif, dimana bahan aktif terdiri dari semen

dan air yang nantinya berfungsi sebagai perekat/pengikat, sedangkan kelompok bahan pasif yaitu agregat halus yang berfungsi sebagai pengisi.

Mortar dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan *hollow break*, *paving block* yang mempunyai standar – standar kekuatan, serta sebagai bahan pengisi untuk pekerjaan – pekerjaan pemasangan, seperti pasangan dinding, pasangan ciclop, pasangan batu, plesteran dan lain – lain.

Tinjauan Material Pembentuk Mortar

a. Semen portland. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat- silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Adapun fungsi dari semen adalah untuk melekatkan butir - butir agregat agar terjadi suatu masa yang padat, selain itu untuk mengisi rongga – rongga diantara butiran agregat.

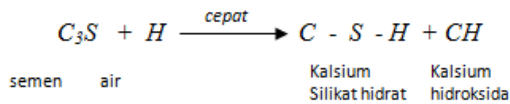
b. Agregat halus. Agregat halus untuk beton dapat berasal dari alam, hasil pemecahan batu alam atau dari bahan buatan. Semuanya mempunyai berat volume padat (unit weight) tidak kurang dari 1200 kg/m³. Agregat ini merupakan salah satu material granular yang bersama-sama agregat kasar dipakai dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan no.4(4,75 mm), ditetapkan menurut menurut ASTM C33-93.

c. Air. Air dalam pembuatan beton akan bereaksi dengan semen serta merupakan bahan pelumas antara butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25 % berat semen saja namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas.

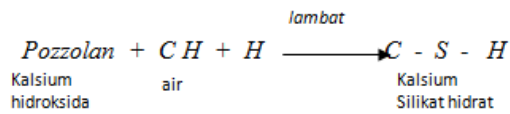
Bahan Mineral Pembantu

Mineral pembantu yang digunakan umumnya mempunyai komponen aktif yang bersifat pozzolanik (material pozzolan) yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas (kalsium hidroksida) yang dilepas semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Perbedaan reaksi hidrasi dan pozzolan (Nugraha dan Antoni 2007).

Semen Portland



Material pozzolan



Berlawanan dengan reaksi hidrasi dari semen dengan air yang berlangsung cepat kemudian membentuk gel kalsium silikat hidrat dan kalsium hidroksida, reaksi pozzolanik ini berlangsung dengan lambat sehingga pengaruhnya lebih kepada kekuatan akhir dari beton. Panas hidrasi yang di hasilkan juga jauh lebih kecil daripada semen portland sehingga efektif untuk pengecoran pada cuaca panas atau beton massif.

Abu Ampas Tebu

Abu Ampas Tebu adalah merupakan hasil pembakaran ampas tebu, ampas tebu pada umumnya oleh pabrik gula hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk ketel uap, dimana ketel uap diperoleh tenaga untuk menggerakkan mesin penggiling tebu. Abu sesuai dengan terjadinya terdiri dari berbagai macam, seperti abu terbang, abu vulkanis, abu batu bara, dan sebagainya.

Adapun proses terjadinya Abu Ampas Tebu adalah sebagai berikut :

- Setelah tebu ditebang kemudian diangkut ke pabrik gula.
- Batang-batang tebu tersebut kemudian digiling untuk dikeluarkan air gulanya sehingga tertinggal ampas tebu yang dalam keadaan kering.
- Ampas tebu ini kemudian dengan peralatan mekanik diangkut ke dapur pembakaran ketel-ketel uap.
- Apabila ampas tebu tersebut telah terbakar halus/ habis abu tersebut dikeluarkan dari dapur pembakaran ke tempat pencampuran.

Secara fisik Abu Ampas Tebu sangat halus dan ringan, ini terbukti dari hasil penelitian laboratorium yang menunjukkan bahwa berat volumenya 0,497 kg/ liter. Adapun Abu Ampas Tebu ini dicoba dikombinasikan dengan semen 5% - 25%

komposisi/campuran dengan perbandingan pada campuran beton.

Tabel 1. Pemeriksaan Kimia Abu AmpasTebu

Unsur Kimia dalam Abu Ampas Tebu	
Kadar Air	3,79%
Kadar Abu	79,03 %
Kadar Karbon	10,91 %
Kadar Silikat	72,33 %
Kadar Magnesium	0,58 %
Kadar Kalsium	0,63 %
Kadar Aluminium	3,24 %
Kadar Besi (Fe2O3)	0,58 %

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Jatim (Terlampir)

Kekuatan Tekan Beton

Kekuatan tekan (f_c) merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, dan dinyatakan dengan Mpa atau N/mm².

Nilai kekuatan beton dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

f_{ci}=Kuat Tekan Beton Masing-masing BendaUji(MPa)

P=Beban Runtuh yang diterima Benda Uji(N)

A=Luas Penampang Benda Uji(mm²)

METODE PENELITIAN

Rencana Campuran Mortar

Rencana komposisi campuran yang dipakai ialah dengan menetapkan komposisi atau perbandingan semen dan pasir yang seperti biasanya dilakukan yakni campuran 1 : 4 berdasarkan berat material. Rencana kuat tekan mengikuti hasil yang didapat pada campuran normal tanpa menggunakan Abu ampas tebu. Berdasarkan komposisi tersebut maka dibuatlah variasi – variasi yang diinginkan yakni dengan mengurangi berat semen secara bertahap 5%, 10% 15% 20% dan 25% lalu diganti dengan Abu

ampas tebu. Komposisi Campuran Abu ampas tebu terlihat di tabel 2

Tabel 2. Komposisi campuran Mortar 1 semen : 4 Pasir (berdasarkan berat)

AAT	Semen (gram)	AAT (gram)	Pasir (gram)	Air (ml)	Sampel (Bh)
0%	360	0	1440	300	9
5%	342	18	1440	300	9
10%	324	36	1440	300	9
15%	306	54	1440	300	9
20%	288	72	1440	300	9
25%	270	90	1440	300	9

Pemeriksaan Sifat Mekanis (KuatTekan)

Pengujian kuat tekan di lakukan pada silinder beton ukuran 50 x50 x 50 mm dengan variasi campuran persentasi berat semen diganti dengan Abu ampas tebu 0%, 5%, 10%,15% 20% dan 25%. sedangkan untuk mengetahui proses cepatnya mengeras dari beton campur Abu ampas tebu maka umur beton yang ditinjau adalah 7, 21, 28 hari sesuai dengan syarat – syarat dari PBI, SNIdan ASTM .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu

Hasil dari penelitian yaitu pengujian kandungan kimia Abu ampas tebu dan serta Pemeriksaan sifat mekanis beton (mortar). Untuk pemeriksaan Abu ampas tebu tidak dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Unsrat Manado, mengambil hasil yang sudah ada dari Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Jatim

Tabel 3. Kandungan Kimia AAT

Unsur Kimia dalam Abu Ampas Tebu	
Kadar Air	3,79%
Kadar Abu	79,03 %
Kadar Karbon	10,91 %

Kadar Silikat	72,33 %
Kadar Magnesium	0,58 %
Kadar Kalsium	0,63 %
Kadar Aluminium	3,24 %
Kadar Besi (Fe2O3)	0,58 %

Tabel 3 memperlihatkan hasil pengujian yang dilakukan oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Jatim terhadap komposisi kandungan kimia Abu ampas tebu yang berasal dari Pabrik Gula Kabupaten Boalemo Propinsi Gorontalo. Hasil tersebut apabila dibandingkan dengan syarat- syarat yang telah ditetapkan untuk bahan substitusi semen oleh ASTM C 618, serta tidak terdapatnya kandungan logam berat yang berbahaya dan beracun, maka Abu ampas tebu tersebut dapat digunakan menjadi salah satu material, sebagai pozzolan atau mineral pembantu yang berfungsi sebagai substitusi semen. Selain data kandungan kimia Abu ampas tebu, kehalusan dari butiran Abu ampas tebu dilakukan dengan cara memasukkan kedalam oven dengan suhu 200°C, kemudian diambil sebanyak 1000 gram dan di ayak dalam saringan, ternyata yang tertahan disaringan nomor 100 sebanyak 52,31 gram, tertahan saringan nomor 200 sebanyak 611,34 gram dan sisanya lolos saringan nomor 200 yaitu sebanyak 336,15 gram hilang 0,2 gram. Abu ampas tebu yang lolos saringan nomor 200 dipanaskan lagi pada suhu 800°C di Laboratorium Pekerjaan Umum Propinsi Sulawesi Utara.

Hasil Pengujian Agregat Halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan material yang diperoleh dari pemeriksaan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik UNSRAT, maka data-data material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus (pasir)
 - Asal : Girian
 - Ukuran maksimum : 4,75 mm
 - Apparent specific gravity : 2,57
 - Bulk specific gravity (dry) : 2,342
 - Bulk specific gravity (SSD) : 2,43
 - Absorpsi : 1,87 %
 - Kadar air : 15, 12 %
 - Berat volume : 1,321 gr/cm³
 - Modulus kehalusan : 2,87
 - Kadar lumpur : 0,30 %

Hasil tersebut terlihat bahwa material tersebut mempunyai karekteristik yang baik apabila dilihat dari

syarat-syarat yang ada baik dari SNI maupun ASTM, maka material tersebut dapat digunakan untuk salah satu bahan pembentuk Mortar.

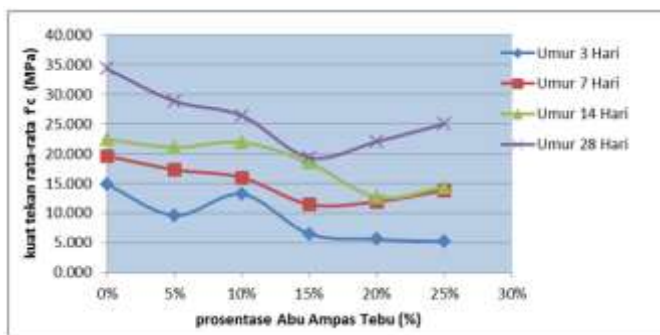
Pengujian Sifat Mekanis Beton

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji yang diuji adalah berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm, dimana benda uji tersebut terbentuk dari agregat halus, agregat kasar, semen, air. Pengujian kuat tekan beton tidak dilaksanakan, karena hasil yang didapat dari peneliti terdahulu dalam tugas akhirnya (Regina Waturandang) tidak menunjukkan nilai yang optimal dalam penggunaan abu ampas tebu, dimana dalam setiap penggantian prosentase abu ampas tebu terhadap berat semen menunjukkan nilai yang semakin banyak prosentasi abu ampas tebu hasilnya menunjukkan penurunan. Berdasarkan hal tersebut, maka diambil penelitian karakteristik beton namun khususnya pada mortar. Adapun hasil penelitian kuat tekan beton tersebut terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kuat tekan Beton dengan Abu ampas tebu (Regina Waturandang)

Campuran	Kuat Tekan Rata-rata, (MPa)			
	Umur beton (Hari)			
	3	7	14	28
AAT-0%	14,8	19,6	22,4	34,3
AAT-5%	9,6	17,3	21,1	28,9
AAT-10%	13,2	15,9	21,9	27,1
AAT-15%	6,5	11,5	18,5	19,4
AAT-20%	5,6	11,9	12,7	22,0
AAT-25%	5,2	13,8	14,4	25,0



Gambar 4. Grafik perkembangan kuat tekan beton dengan Umur beton dari setiap persentase pemakaian Abu Ampas tebu. (berdasarkan tabel 4)

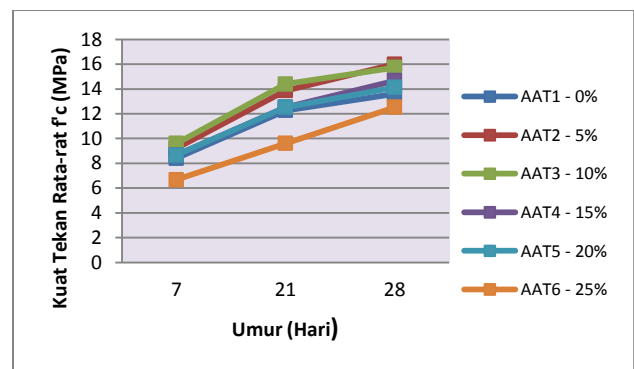
Berdasarkan tabel 4 dan gambar 4 terlihat bahwa kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi parsial semen lebih rendah di bandingkan dengan beton yang tidak menggunakan substitusi parsial semen.

2. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian ini dilaksanakan karena hasil dari pengujian kuat tekan beton tidak mendapatkan nilai yang optimum., sehingga secara tidak langsung beton dengan menggunakan abu ampas tebu Perlu diadakan penelitian lebih lanjut lagi dengan memperhitungkan aspek – aspek kimia sehingga dapat digunakan untuk pembuatan struktur beton. Melihat kandungan silikat yang sangat tinggi dari Abu ampas tebu ini mungkin dapat digunakan untuk penggunaan material non struktur, maka dibuatlah pengujian dengan menggunakan mortar, dimana mortar terdiri dari Semen, Pasir dan air dengan perbandingan berat 1 semen : 4 Pasir, dengan ukuran benda uji 50 x 50 x 50 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Mortar

Campuran	Kuat Tekan Rata-rata, (MPa)		
	Umur beton (Hari)		
	7	21	28
AT1-0%	8.4	12.27	13.6
AT2-5%	9.2	13.87	16
AT3-10%	9.6	14.4	15.73
AT4-15%	8.67	12.53	14.67
AT5-20%	8.67	12,53	14.13
AT6-25%	6.67	9.6	12.53



Gambar 5. Grafik Perkembangan Kuat Tekan Mortar

Dari hasil yang didapat dan yang ditampilkan dalam grafik terlihat bahwa apa yang didapat melalui pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji 150 x 150 x 150 mm sangat berbeda dengan hasil pengujian kuat tekan dengan menggunakan mortar ukuran benda uji (50 x 50 x 50) mm. Dibandingkan dengan benda uji yang tidak menggunakan abu ampas tebu (AT 0%) dari prosentase 5 sampai dengan 20 % abuampas tebu melebihi nilai kuat tekannya. Pada umur 7 hari kuat tekan yang didapat untuk 5 %, 10%, 15%, 20% abu ampas tebu melebihi nilai kuat tekan pada campuran 0% abu ampas tebu. Begitu pula dengan umur 21 dan umur 28 hari semua hanya melewati nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh AT1 0 % abu ampas tebu. Untuk campuran dengan menggunakan abu ampas tebu sebanyak 25 % lebih kecil nilainya dibandingkan dengan abu ampas tebu dengan kandungan 0 % abu ampas tebu (AT1).

Tabel 6. Perbandingan perkembangan kuat tekan beton pada berbagai umur dengan perkembangan kuat tekan menurut PBI' 71

No	Umur Beton (Hari)	Hasil Penelitian						
		AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6	PBI '71
1	7	0,62	0,58	0,61	0,59	0,61	0,53	0,65
2	21	0,9	0,87	0,92	0,85	0,89	0,77	0,95
3	28	1	1	1	1	1	1	1

Dari Tabel 6 diatas terlihat bahwa proses terjadinya pengerasan pada umur 7 hari hampir/ mendekati koefisien yang ditetapkan oleh PBI'71. Sama halnya dengan umur 21 hari, namun kedua-duanya lebih kecil koefisiennya dibanding PBI'71

PENUTUP

Kesimpulan

1. Nilai kuat tekan yang dihasilkan paling maksimum dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar pada AT0 % yakni pada AT2 (5%) Abu ampas tebu. Namun sampai dengan prosentase abu ampas tebu 20% AT5. Semuanya melewati kuat tekan yang dihasilkan oleh AT1 (0%) Abu ampas tebu.
2. Penambahan prosentase abu ampas tebu dengan menggunakan berat air yang tetap mendapatkan hasil yang optimum.

3. Penggunaan material abu ampas tebu khususnya pada pekerjaan non struktur seperti pembuatan Hollow brick, Paving Block Campuran dan mortar lainnya dapat diganti prosentase semen sampai dengan 20 % sehingga dapat menekan biaya.
4. Koefisien perkembangan kekuatan beton yang ditetapkan oleh PBI'71 hasilnya lebih kecil.

Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan abu ampas tebu dengan menggunakan benda uji sesuai dengan yang dibutuhkan.
2. Perlu disediakan suatu tempat pemanasan Abu ampas tebu sampai suhu 800°C, agar abu tersebut langsung digunakan untuk campuran mortar

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1 – 91. 1993 *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavy Weight and Mass Concrete*. ACI Detroit, 5-8 pp
- ACI Committee 116R-90.1995. *Cemen and Concrete Terminology*. American Concrete Institute Part 1, Detroit, 2 pp
- American Society for Testing Material (ASTM). 1993 "Concrete and Aggregate", Volume 04.02, Philadelphia, 1993.10-15 pp
- Anonim. Jatam.org. 2004. Mengenali Limbah Tailing sebagai Limbah Sisa Batu-Batuan dalam Tanah, 4 hal
- Anonim, 1971. Peraturan Beton Indonesia (PBI'71)
- Anonim. 1991. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SK SNI T-15-1991-03. Departemen Pekerjaan Umum. 5-8 hal
- Harwadi dan Waturandang. R," Penelitian Kemungkinan Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Tambahan Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik" Skripsi Fakultas Teknik Institut

- Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 1994.
- Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. Penerbit Andi Offset. 15 hal
- Nawi, E.G.1990. *Reinforced Concrete A Fundamental Approach* Department Civil University Rutgers New Jersey. 3pp
- Park, R and T Pauley. 1973. *Reinforced Concrete Structures*. Department of Civil Engineering University of Caunterbury, Chrischurch New Zealand. 2pp
- Harwadi dan Waturandang. R,” Penelitian Kemungkinan Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambahan Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik” Skripsi Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 1994.
- Waturandang F P, Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah beton, Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Manado, 2012