

## PENGARUH PEMANFAATAN ABU TERBANG (*FLY ASH*) DARI PLTU II SULAWESI UTARA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Alfian Hendri Umboh

Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado

email : alfian\_umboh@yahoo.com

### ABSTRAK

Di Indonesia, pembangunan konstruksi-konstruksi beton, khususnya yang memerlukan persyaratan yang sederhana dengan menggunakan semen murni merupakan sebuah pemborosan dari segi biaya. Untuk menanggulangi dampak penggunaan semen yang berlebihan tersebut, maka pemakaian *High Volume Fly ash Concrete* untuk menggantikan pemakaian beton normal menjadi salah satu solusi yang tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel.

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

Kata kunci: abu terbang (*fly ash*), kuat tekan

### PENDAHULUAN

Untuk menanggulangi dampak penggunaan semen yang berlebihan, maka pemakaian *High Volume Fly ash Concrete* untuk menggantikan pemakaian beton normal menjadi salah satu solusi yang tepat. Dengan mengurangi penggunaan semen yang signifikan ini, akan dapat mengurangi biaya pembangunan dari tipe konstruksi yang sederhana.

Saat ini di Provinsi Sulawesi Utara Abu terbang adalah produk sampingan sebagai limbah dari PLTU II Sulawesi Utara yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik, berupa butiran halus ringan, bundar, serta bersifat pozzolanik. Penambahan Abu terbang (*Fly ash*) pada campuran beton bersifat *pozzolan*, sehingga bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik untuk beton. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat *cementitious* (bersifat mengikat).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi komposisi campuran beton mutu normal yang menggunakan material bahan tambahan Abu terbang dengan konsentrasi Abu terbang yang tinggi, terhadap kuat tekan beton bila menggunakan Abu terbang yang berasal dari PLTU II Sulawesi Utara tersebut.

### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton mutu normal pada kondisi *High Volume Fly ash Concrete* akibat pengaruh penggantian sebagian semen terhadap abu terbang (*fly ash*).

Manfaat penelitian ini adalah dapat dijadikan acuan dalam melaksanakan pembuatan campuran beton mutu normal dengan penggantian semen terhadap *fly ash* yang tinggi dengan kuat tekan optimum untuk mendapatkan biaya yang ekonomis, yang menggunakan bahan tambah abu terbang yang berasal dari PLTU II Sulawesi Utara.

Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik beton mutu normal dengan variasi

bahan tambah abu terbang (*fly ash*), terutama pengaruhnya terhadap kuat tekan beton mutu normal tersebut.

Sebagai bekal bagi peneliti selanjutnya untuk dapat melanjutkan penelitian mengenai sifat-sifat mekanik lain dari pengaruh pencampuran abu terbang pada *high volume fly ash (HVFA) concrete*.

## LANDASAN TEORI

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (Samekto, 2001).

*Fly-ash* atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa, *fly-ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan specific gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* dari *fly-ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly-ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara.

Abu terbang atau *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1 226.3R-3), yaitu :

### 1. Kelas C

*Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17-20%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O dan sedikit K<sub>2</sub>O. mempunyai *specific gravity* 2,31-2,86. Mempunyai sifat *pozzolan*, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH

(CaO.SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O). kalsium Hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

### 2. Kelas F

*Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO<sub>2</sub> (30-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (45-60%), MgO, K<sub>2</sub>O dan sedikit Na<sub>2</sub>O. mempunyai *specific gravity* 2,15-2,45. bersifat seperti *pozzolan*, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

### 3. Kelas N

*Pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. selain itu, juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

*High volume fly ash (HVFA) concrete* adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* baik berupa kelas F *fly ash* maupun kelas C *fly ash*. Istilah *high volume fly ash concrete* sendiri pertama kali diperkenalkan oleh peneliti di pusat penelitian CANMET Canada pada tahun 1980an (Malhotra and Mehta, 2005).

Pemakaian *HVFA concrete* memberikan beberapa keuntungan terhadap beton yang dihasilkan, baik dalam keadaan beton segar maupun beton yang telah mengeras. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh tersebut adalah:

- a. Peningkatan kelecakan beton
- b. Kemudahan dalam finishing permukaan beton.
- c. *Drying shrinkage* dan *creep*
- d. Peningkatan durabilitas beton

Meskipun pemakaian *high volume fly ash concrete* sangat bersesuaian dengan kampanye "*green concrete*", masih ada beberapa kendala yang menyebabkan teknologi ini belum dapat diterima secara luas.

Hambatan-hambatan tersebut dapat disebutkan, yaitu:

- a. Hambatan dari segi peraturan.
- b. Perkembangan kuat tekan yang lambat
- c. Umur perawatan beton yang lama.

Tabel 1. Bangunan yang dibangun memakai *High Volume Fly ash Concrete (HVFA)*

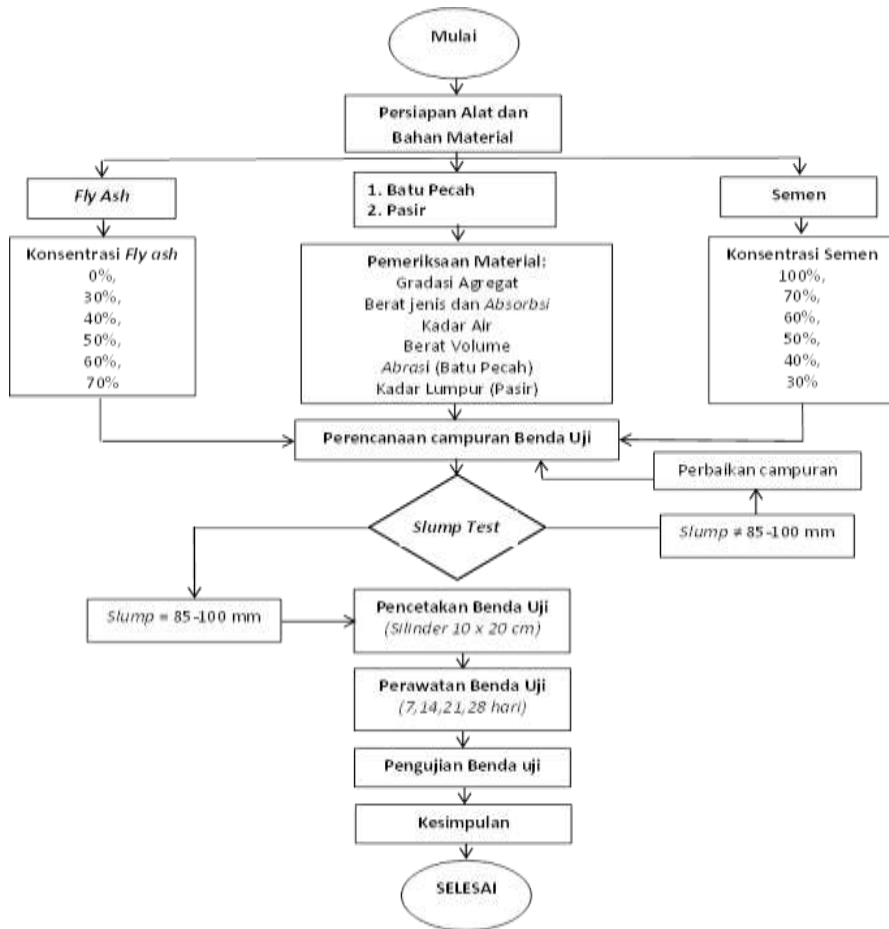
No	Nama Bangunan	Kelas <i>Fly ash</i>	Jumlah <i>Fly ash</i>	Jumlah Semen	Mutu Beton
			(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)
1	Concrete blok untuk satelit komunikasi di Ottawa - Kanada	Kelas F	193	151	46 (91 hari)
2	Landasan parkir dikomplek hotel dan perkantoran, Haliacx Canada (1988)	Kelas F	220	180	50 (120 hari)
3	Tempat kerja pekerja seni, Vancouver Canada (2001)	Kelas F	195	195	41 (28 hari)
4	Peningkatan struktur tahan gempa Barker Hall University of Caliornia Berkeley USA (2001)	Kelas F	197	160	38 (28 hari)
5	Perkerasan jalan beton, Punjab India (2002)	Kelas F	225	225	41 (28 hari)

Sumber: Solikin, 2011

**PELAKSANAAN PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Bagan metode penelitiannya dapat dilihat pada Gambar 1.

Perencanaan komposisi berdasarkan rancangan campuran yang sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya mengenai *High Volume Fly ash Concrete* (Mehta, 2004) dengan dimodifikasi, mengingat komposisi material yang digunakan tersebut berbeda.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Tabel 2. Rancangan campuran *High Volume Fly ash Concrete*

Strength Level	Low	Moderate	High	Beton Normal
28 Hari	20 Mpa	30 Mpa	40 Mpa	32 Mpa
Rancangan Campuran				
Air (Kg/m <sup>3</sup> )	120 - 130	115 - 125	100 - 120	208.33
Semen (Kg/m <sup>3</sup> )	100 - 130	150 - 160	180 - 200	373.00
<i>Fly ash</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	125 - 150	180 - 200	200 - 225	
w/c ratio	0.4 - 0.45	0.33 - 0.35	0.3 - 0.32	0.56
Kerikil max. 19 mm (Kg/m <sup>3</sup> )	1.100 - 1.200	1.100 - 1.200	1.100 - 1.200	1,182
Pasir (Kg/m <sup>3</sup> )	800 - 900	800 - 900	800 - 900	636.53
Superplastizer	Ditambahkan sesuai tinggi slump rencana			

Sumber: Mehta, 2004

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton dengan Variasi Abu Terbang pada Kondisi Lapangan per m<sup>3</sup>

No	Semen Kg/m <sup>3</sup>	<i>Fly Ash</i> Kg/m <sup>3</sup>	Total Kg/m <sup>3</sup>	Air Kg	fas	Pasir Kg/m <sup>3</sup>	Agregat < 10mm Kg/m <sup>3</sup>	Agregat > 10mm Kg/m <sup>3</sup>	Slump mm	% <i>Fly Ash</i>
	1	2	3 = 1 + 2	4	5 = 4/3	6	7	8	9	
1	300	0	300	140	0,47	664	740	493	85-95	0%
2	210	90	300	140	0,47	664	740	493	85-95	30%
3	180	120	300	140	0,47	664	740	493	85-95	40%
4	150	150	300	140	0,47	664	740	493	85-95	50%
5	120	180	300	140	0,47	664	740	493	85-95	60%
6	90	210	300	140	0,47	664	740	493	85-95	70%

Sumber : hasil pengujian

Sehingga berdasarkan rancangan campuran Tabel 2. di atas maka dibuatlah komposisi campuran dengan variasi campuran seperti pada Tabel 3.

Pelaksanaan campuran dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Material yang telah disiapkan, ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan komposisi campuran yang telah dihitung dengan memperhatikan jumlah cetakan yang tersedia. Dan alat-alat yang akan digunakan telah disiapkan. Untuk mengantisipasi kekurangan campuran beton akibat faktor pengerjaan adukan terbuang selama pemadatan dan perataan permukaan beton, berat setiap material yang dipakai dalam pencampuran adalah 1.20 kali berat tiap material hasil perhitungan.
2. Campurkan terlebih dahulu semen dengan *fly ash* dengan konsentrasi tertentu yang

sudah dipersiapkan terlebih dahulu secara manual dengan menggunakan trolol di dalam ember/Loyang secara merata.

3. Masukkan batu pecah dan pasir yang sudah dipersiapkan ke dalam molen terlebih dahulu, lalu mesin dihidupkan selama ±5 menit. Kemudian matikan mesin dan masukkan semen yang telah disubstitusi sesuai prosentase abu terbang (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%). Hidupkan kembali mesin molen ±5 menit agar campuran benar-benar tercampur rata.
4. Tuangkan air secara bertahap dan sesekali mesin dihentikan dan dicek keencerannya atau di campur secara manual dengan trolol pada bagian-bagian yang belum tercampur secara merata.
5. Setelah dicampur ±5 menit beton siap diukur nilai slumpnya kemudian dicetak. Nilai slump tetap dipertahankan dalam penelitian sehingga jumlah air yang digunakan berubah-ubah.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 4. Hasil pemeriksaan kandungan kimia abu terbang (*fly ash*)

No	Parameter	Hasil Analisis	Satuan	Metode Analisis
1	Air	0,65	%	Oven
2	SiO <sub>2</sub>	48,06	%	Gravimetrik
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,76	%	S.S.A
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,91	%	S.S.A
5	CaO	25,06	%	S.S.A
6	Mgo	14,53	%	S.S.A
7	K <sub>2</sub> O	28,56	%	S.S.A
8	Na <sub>2</sub> O	0,75	%	S.S.A

Sumber : Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado

Berdasarkan standard ASTM untuk *fly ash* kelas C: SiO<sub>2</sub> (30-50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (17-20%) pengujian diatas masuk dalam kategori klasifikasi *fly ash* kelas C.



Gambar 2. Bentuk fisik *fly ash*  
Sumber : hasil pengujian

**Pemeriksaan Berat volume beton**

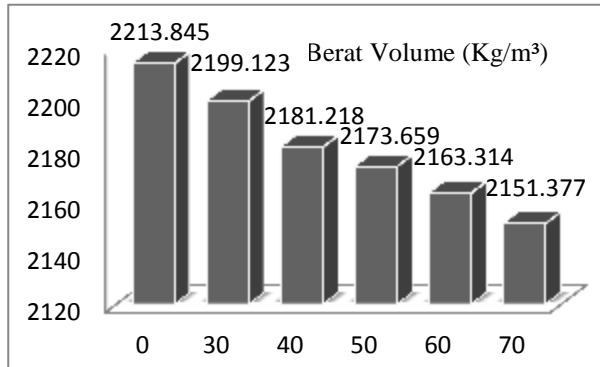
Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat volume yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat volume yang besar pula.

Dari hasil penelitian pada Tabel 5. dan Gambar 3. dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada variasi *fly ash* 0% beton normal yaitu sebesar 2213,85 kg/m<sup>3</sup>. Berat volume beton terkecil terdapat pada variasi beton variasi *fly ash* 70% yaitu sebesar 2151,38 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan berat volume beton rata-rata.

Kadar <i>fly ash</i>	Jumlah sampel	Ukuran benda uji		Volume benda uji	Berat rata-rata benda uji	Berat volume rata-rata
		Diameter	Tinggi			
%		mm	mm	mm <sup>3</sup>	Kg	Kg/m <sup>3</sup>
0	16	100	200	1570796	3,48	2213,8
30	16	100	200	1570796	3,45	2199,1
40	16	100	200	1570796	3,44	2181,2
50	16	100	200	1570796	3,41	2173,7
60	16	100	200	1570796	3,40	2163,3
70	16	100	200	1570796	3,38	2151,4

Sumber : hasil pengujian



Variasi *fly ash* (%)

Gambar 3. Grafik Berat Volume Beton

**Pengujian Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji silinder telah berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi penggantian sebagian semen terhadap *fly ash*. Sedangkan hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan berbagai variasi penggantian sebagian semen terhadap *fly ash* dapat dilihat pada Tabel-tabel berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi kuat tekan beton dengan presentase *fly ash* terhadap umur perawatan beton

Presentase <i>fly ash</i>	Kuat Tekan Beton (MPa)			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
0%	15,07	16,85	19,01	24,83
30%	14,18	14,2	16,41	24,18
40%	9,02	11,09	12,45	15,3
50%	7,09	7,64	9,13	12,28
60%	5,26	6,62	6,74	8,02
70%	3,65	4,39	4,66	4,79

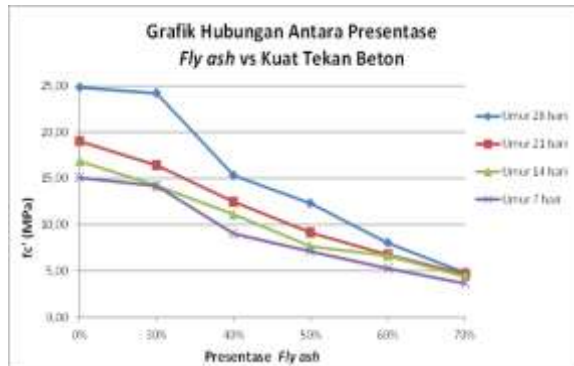
Dari tabel dapat lihat bahwa kuat tekan maksimum diperoleh dari substitusi *Fly ash* sebesar 0% dengan nilai sebesar 24,83 MPa dan kuat tekan terendah terjadi pada substitusi *Fly ash* sebesar 70% dengan nilai sebesar 4,79 MPa. Secara keseluruhan penggunaan substitusi *Fly*

ash hingga 30% menghasilkan kuat tekan beton yang cukup signifikan yang tidak berbeda jauh dengan beton tanpa *Fly ash*. Selanjutnya akan disajikan data hubungan kuat tekan dan prosentase *Fly ash* dalam bentuk grafik.



Gambar 4. Grafik hubungan antara presentase *fly ash* terhadap umur perawatan beton

Dari grafik terlihat hubungan kuat tekan dan prosentase abu terbang menunjukkan model grafik di mana terjadi kenaikan kuat tekan pada beton seiring menurunnya presentase *fly ash* pada beton. Pada kondisi presentase *fly ash* 0% maka nilai kuat tekan berada pada kondisi maksimum, namun pada presentase *fly ash* 70% maka nilai kuat tekan berada pada kondisi minimum.



Gambar 5. Grafik hubungan antara presentase *fly ash* vs kuat tekan beton

## PENUTUP

### Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.
2. Dalam perencanaan beton *High Volume Fly Ash (HVFA) Concrete* untuk tipe abu terbang (*fly ash*) kelas C, presentase yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan optimum yaitu presentase 30% abu terbang (*fly ash*).

### Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan beton *High Volume Fly Ash (HVFA) Concrete* diperlukan material campuran yang berkualitas. Ketelitian dalam perencanaan campuran (*mix design*) serta dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas dan kekuatan beton.
2. Perlu adanya penelitian mengenai proses perawatan beton *High Volume Fly Ash (HVFA) Concrete* dengan cara dibakar atau dipanaskan dalam oven, mengingat abu terbang (*fly ash*) tahan terhadap suhu yang *ekstreme*.
3. Untuk umur perawatan beton, diperlukan pengujian hingga 56 hari perendaman mengingat proses pengikatan abu terbang (*fly ash*) ini tidak sama dengan semen yang hanya 28 hari umur perawatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *Manual of Concrete Practice*. 1993 parts 1 226.3R-3
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1995. 304. C.618
- Mehta P. K., 2004. *High-performance, high-volume fly Ash concrete for sustainable Development*. University of California. Berkeley USA.
- Rompas, G., 2013. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton di Tinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

Samekto, W., 2001. Teknologi Beton. Kanisius. Yogyakarta

Solikin, M., 2011 Simposium nasional RAPI XI FT UMS.

Sumajouw, M. D. J., Dapas S. O., 2013. Elemen Struktur Beton Bertulang *Geopolymer*. Andi. Yogyakarta