

## FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON

**Mira Setiawati**

Prodi Teknik Sipil , Universitas Muhammadiyah Palembang  
Jln. Jend. A. Yani 13 Ulu Palembang 30263  
Mirasetiawati060781@yahoo.com

### Abstrak

Pemanfaatan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. *Fly Ash* merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Kehalusan butiran *fly ash* ini berpotensi terhadap pencemaran udara. Penanganan *fly ash* pada saat ini masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong. Dalam penelitian ini, akan mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen pada beton. Identifikasi material *fly ash* menitikberatkan pada pengaruh penggunaan material ini terhadap kuat tekan beton khususnya pada awal umur beton.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Persentase *fly ash* yang digunakan bervariasi, mulai dari 5% sampai 12,5% dengan interval penggunaan *Fly ash* sebesar 2,5%. Beton akan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan curing.

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 96 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 12 benda uji. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan 27,95%. Pada awal umur beton nilai kuat tertinggi pada penggunaan *fly ash* 12,5%, sebesar 231,04 Kg/cm<sup>2</sup> dengan persentase peningkatan sebesar 60% terhadap beton normal. Dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan *fly ash* mempengaruhi kekuatan beton. Persentase penggunaan *fly ash* 12,5% pada beton, akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum.

**Kata Kunci:** Beton, mutu tinggi, umur beton, fly ash

### Abstract

The utilization of fly ash as a concrete-forming material gives a positive impact if viewed from the aspect of the environment. Fly Ash is a very fine residual coal combustion. The smoothness of the grains of fly ash is potentially against air pollution. The handling of fly ash is currently limited to stockpiling on vacant land. In this study, will identify the benefits of fly ash as a cement replacement material in concrete. Identification of fly ash materials focuses on the effect of using this material on the compressive strength of concrete especially in the early life of the concrete. The purpose of this study is to determine the effect of the use of fly ash as a cement replacement material against the compressive strength of concrete. The percentage of fly ash used varies, ranging from 5% to 15% with a Fly ash usage interval of 2.5%. Concrete will be tested at age 3, 7, 14 and 28 days after curing first. This study uses test specimens in the form of cubes as many as 96 test objects where for each variation as many as 12 test objects. From this study it was found that the highest compressive strength value was on the use of 12.5% fly ash, which was 404.03 Kg / cm<sup>2</sup> at the age of 28 days with an increase of 27.95%. At the beginning of the concrete life the highest strong value on the use of fly ash 12.5%, amounting to 231.04 Kg / cm<sup>2</sup> with an increase percentage of 60% against normal concrete. It can be concluded that at the beginning of concrete age, the use of fly ash affects the strength of concrete. Percentage of using 12.5% fly ash on concrete, will produce concrete with maximum compressive strength.

**Keywords:** Concrete, high quality, concrete age, fly ash

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton mutu tinggi dapat dihasilkan dengan meningkatkan porositas beton. Sifat porositas beton dipengaruhi oleh gradasi agregat dan kehalusan butir semen. Keterbatasan tingkat kehalusan butir semen menjadi persoalan utama dalam menghasilkan beton mutu tinggi, jika ditinjau dari segi porositas. Untuk mengatasi hal ini, berbagai penelitian dilakukan untuk mencari alternatif penggunaan semen sebagai material pembentuk beton. Material-material yang diuji memiliki sifat kimiawi yang sama dengan semen. Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Menurut ACI Committee 226, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan specific gravity antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silica dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi. Penggunaan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. *Fly Ash* merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Kehalusan butiran *fly ash* ini berpotensi terhadap pencemaran udara. Selain itu, penanganan *fly ash* pada saat ini masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong. Penelitian ini akan mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen pada beton. Identifikasi material *fly ash* menitikberatkan pada pengaruh penggunaan material ini terhadap kuat tekan beton khususnya pada awal umur beton. Tujuannya untuk memastikan nilai kadar *fly ash* yang optimum pada campuran adukan beton mutu tinggi.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dan pasir pada campuran beton.

### Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan beton. Tujuannya untuk mendapatkan desain campuran beton yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi dan memanfaatkan *fly ash* sehingga bisa diaplikasikan di pekerjaan sipil.

### TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, split dan air yang dicampur menjadi massa padat dengan ataupun tanpa bahan tambah. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik harus memperhatikan beberapa hal, antara lain: pemilihan bahan pembentuk beton, proses pemadatan beton segar dan proses perawatan beton.

### Fly ash

Saat ini penggunaan batu bara di kalangan industri semakin meningkat volumenya, karena harga yang relatif murah dibandingkan harga bahan bakar minyak untuk industri. Penggunaan batu bara sebagai sumber energy pengganti BBM, di satu sisi sangat menguntungkan, namun di sisi lain dapat menimbulkan masalah. Masalah utama dari penggunaan batu bara adalah abu batubara yang merupakan hasil sampingan pembakaran batubara. Sejumlah penggunaan batubara akan menghasilkan abu batubara sekitar 2-10 %. Pada saat ini, pengelolaan limbah abu batu bara hanya terbatas pada penimbunan di areal pabrik (ash disposal).

Abu batubara merupakan bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan membentuk dua jenis abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Komposisi abu batu bara terdiri dari 10-20 % abu dasar dan 80-90% berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong.

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meninjau pengaruh bahan tambah terhadap peningkatan mutu beton. Damayanti dan Rochman (2006) melakukan penelitian dengan menambahkan *microsilica* dan *fly ash* dalam campuran beton.

Penelitian ini menghasilkan kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 69,736 MPa dengan

perbandingan kadar *microsilica* 10% dan *fly ash* 0%, dengan menggunakan fas 0,3. Pujianto (2010) dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer* dan *fly ash* menghasilkan kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 57,11 MPa dengan kadar *superplasticizer* yang digunakan sebesar 2% dan *fly ash* 12% dengan fas 0,3.

Sebayang (2006) dengan menggunakan bahan tambah *fly ash* sebagai substitusi sejumlah semen tipe V, kuat tekan maksimum didapatkan pada saat beton berumur 56 hari dengan kuat tekan maksimum 55,275 MPa dengan kadar *fly ash* 20%. Kemudian Sebayang (2011) kembali meneliti penggunaan *silica fume* sebagai bahan tambah pada beton alir mutu tinggi. Hasil penelitiannya diperoleh kuat tekan maksimum sebesar 51,35 MPa pada umur 56 hari dengan kadar *silica fume* sebesar 9%. Nugraheni (2011) pada beton mutu tinggi dengan serat baja dan *filler* nanomaterial berupa pasir kuarsa menghasilkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari sebesar 71,06 MPa dengan kadar *filler* nano material 10%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dengan hasil yang berbeda-beda untuk masing-masing penelitian.

Marsianus Danasi dan Ade Lisantono (2015) dalam penelitian “pengaruh penambahan *fly ash* pada beton mutu tinggi dengan *silica fume* dan *filler* pasir kwarsa” mendapatkan bahwa penggunaan *fly ash* 5%, *silicafume* 10% dan *superplasticizer* 2% dari berat semen pada beton

mutu tinggi memberikan hasil yang maksimum pada 75,06 Mpa.

#### a. Sifat Fisik

Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 %. *Fly Ash* umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang memiliki densitas 2,23 gr/cm<sup>3</sup>, dengan kadar air sekitar 4%. *Fly ash* memiliki *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. *Fly ash* memiliki luas area spesifiknya 170-1000 m<sup>2</sup>/kg. Ukuran partikel rata-rata abu terbang batu bara jenis sub bituminous 0,01 mm – 0,015 mm, luas permukaannya 1-2 m<sup>2</sup>/g, bentuk partikel mostly spherical, yaitu sebagian besar berbentuk bola, sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik (Nugroho, P dan Antoni, 2007).

#### b. Sifat Kimiawi

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, teknik penyimpanan, dan penanganannya. Pembakaran batu bara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada jenis bituminous. Komponen utama *fly ash* batu bara adalah silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalsium (CaO); dan magnesium, potassium, sodium, titanium, dan belerang dalam jumlah yang sedikit.

Komposisi dan Klasifikasi *Fly ash* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Komposisi dan Klasifikasi Fly ash

Komponen	Bituminus	Sub-bituminus	Lignit
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	20-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida

silika yang dikandung di dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan

menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Djiwantoro, 2001).

Abu batubara dapat digunakan pada beton sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Fungsi abu batubara sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, perubahan fisik abu batubara akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara *hidrasi* semen dan reaksi *pozzolan*.

### Jenis-Jenis Fly Ash

Berdasarkan ACI Manual of concrete Practice 1993 Part I 226.3R-3), *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis:

1. Kelas C
2. Kelas F
3. Kelas N

### Perbandingan Fly Ash dan Semen Portland

*Fly ash* digunakan untuk menggantikan semen Portland pada beton, karena mempunyai sifat

*pozzolanic*. Hal ini memungkinkan terjadinya peningkatan kekuatan dan durabilitas dari beton. Adanya penggunaan *fly ash* dapat menjadi faktor kunci pada pemeliharaan beton tersebut.

Pada umumnya, penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian berat semen terbatas pada *fly ash* tipe F. *Fly ash* tersebut dapat menggantikan semen sampai 30% berat semen yang dipergunakan dan dapat menambah daya tahan dan ketahanan terhadap kimia. *Fly ash* juga dapat meningkatkan *workability* dari semen dengan berkurangnya pemakaian air. Produksi semen sedunia pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 2 miliar ton. Hal ini memberikan sebuah solusi, dimana penggunaan *fly ash* dapat mengurangi emisi gas carbon secara signifikan.

Perbandingan *fly ash* dengan semen Portland dapat ditinjau dari tiga kemiripan sifat ke dua material tersebut, yaitu sifat fisik, sifat kimia, dan sifat *pozzolan*.

### Perbandingan Sifat Fisik

*Fly ash* dan semen mempunyai kemiripan jika ditinjau dari sifat fisik. Kemiripan sifat fisik ke duanya dapat ditinjau dari beberapa variabel. Perbandingan sifat fisik *fly ash* dan semen Portland dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Perbandingan sifat fisik *fly ash* dan semen Portland

Variabel pembanding	Fly Ash	Semen Portland
Kehalusan butir	5-27% lolos saringan 45 mili micron	80% lolos saringan 44 mikron
Berat jenis	2,15 – 2,8 g/cm <sup>3</sup>	3,15 g/cm <sup>3</sup>
Waktu pengikatan awal	423 menit	60-120 menit
Specific gravity	2,15-2,6	3,15
Suhu pengikatan	24-27 <sup>0</sup> C	35 <sup>0</sup> C

### Perbandingan Sifat Kimia

*Fly ash* dan semen Portland mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Ke empat unsur ini merupakan unsur-unsur pokok ke dua material

ini, karena unsur-unsur tersebut mempengaruhi fungsi dari material. Perbandingan sifat kimia antara *fly ash* dan semen Portland dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Perbandingan sifat kimia *fly ash* dan semen Portland

Komponen Pembanding	% rata-rata untuk fly ash	% rata-rata untuk semen Portland
Kapur, CaO	1-12	60-65
Silika, SiO <sub>2</sub>	20-60	17-25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	3-8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	0,5-6
Magnesia, MgO	0-5	0,5-4

Sulfur, SO <sub>3</sub>	0-4	1-2
Soda/Potash, Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0-7	0,5-1

### METODE PENELITIAN

Pada tahap ini direncanakan benda uji yang akan dibuat adalah beton normal dan beton dengan penggunaan fly ash sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Tiap variasi beton tadi akan diuji pada saat beton berumur 3, 7 14 dan 28 hari dengan jumlah sampel untuk tiap variasi dibuat sebanyak 12 sampel. Jumlah sampel benda uji seluruhnya sebanyak 96 benda uji.

Tabel 4. Rencana Campuran Beton

VARIASI SAMPEL	JUMLAH SAMPEL
Beton Normal (BN)	12
Beton fly ash 5% (FA 1)	12
Beton fly ash 7,5% (FA 2)	12
Beton fly ash 10% (FA 3)	12
Beton fly ash 12,5% (FA 4)	12

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan karakteristik (Kg/Cm<sup>2</sup>)

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN KARAKTERISTIK (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	UMUR (hari)			
	3	7	14	28
BN	144,32	189,18	260,86	316,33
FA 1	148,93	201,00	275,96	320,72
FA 2	205,67	213,49	285,05	347,58
FA 3	215,84	236,57	302,45	377,30
FA 4	231,04	234,93	332,86	404,73

#### Pembahasan

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan *beton dengan fly ash* dengan persentase *fly ash* 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%, maka diperoleh persentase peningkatan kuat tekan beton dengan *fly ash* terhadap beton normal.

#### 1. Peningkatan kuat tekan beton umur 3 hari.

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan *beton dengan penggunaan fly ash* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton dengan *fly ash* terhadap beton normal pada umur 3 hari pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Hasil persentase kekuatan beton umur 3 hari

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN BETON (Kg/cm <sup>2</sup> )	PENINGKATAN (%)
BN	144,32	0,00
FA 1	148,93	3,20
FA 2	205,67	42,51
FA 3	215,84	49,56
FA 4	231,04	60,10

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 6. menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan *beton dengan fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal untuk umur 3 hari. Persentase kenaikan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* sebesar 12,5%, yaitu sebesar 60,1% terhadap beton normal.

Dari Tabel 6. bisa disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan *fly ash*

memberikan dampak/pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton.

2. Peningkatan kuat tekan beton umur 7 hari.

Tabel 7 menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan *beton dengan fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal untuk umur 7 hari. Persentase peningkatan kekuatan tertinggi terjadi pada penggunaan *fly ash* sebesar 10%, yaitu sebesar 24,18% terhadap beton normal.

Tabel 7. Hasil persentase kekuatan beton umur 7 hari

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN BETON (Kg/cm <sup>2</sup> )	PENINGKATAN (%)
BN	189,18	0,00
FA 1	201	6,25
FA 2	213,49	12,85
FA 3	236,57	25,05
FA 4	234,93	24,18

Sumber: Hasil penelitian

## 3. Peningkatan kuat tekan beton umur 14 hari.

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan *beton dengan penggunaan fly ash dan silica fume* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton dengan *fly ash* terhadap beton normal pada umur 14 hari pada tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan *beton*

*dengan fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal untuk umur 14 hari. Persentase peningkatan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* sebesar 7,5%, yaitu sebesar 7,43% terhadap beton normal.

**Tabel 8. Hasil persentase kekuatan beton umur 14 hari**

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN BETON (Kg/cm <sup>2</sup> )	PENINGKATAN (%)
BN	260,86	0,00
FA 1	275,96	5,79
FA 2	285,05	9,27
FA 3	302,45	15,94
FA 4	332,86	27,60

Sumber: Hasil penelitian

## 4. Peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari.

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan *beton dengan penggunaan fly ash dan silica fume* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton dengan *fly ash* terhadap beton normal pada umur 28 hari pada tabel 9.

Tabel 9 menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan *beton*

*dengan fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal untuk umur 28 hari. Persentase peningkatan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada penggunaan *fly ash* 12,5%, yaitu sebesar 27,95 % terhadap beton normal.

**Tabel 9. Hasil persentase kekuatan beton umur 28 hari**

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN BETON (Kg/cm <sup>2</sup> )	PENINGKATAN (%)
BN	316,33	0,00
FA 1	320,72	1,39
FA 2	347,58	9,88
FA 3	377,3	19,27
FA 4	404,73	27,95

Sumber: Hasil penelitian

Dari Hasil analisa dan pembahasan terhadap penelitian maka bisa diambil kesimpulan bahwa penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti memberikan pengaruh pada beton. Hal ini dapat terlihat bahwa diawal umur beton, terjadi peningkatan kekuatan 60% dari beton normal. Peningkatan kekuatan beton tertinggi terjadi pada penggunaan *fly ash* 12,5%.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan untuk beton normal dan beton dengan penggunaan *fly ash* sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12,5 % dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai kuat tekan beton untuk masing-masing sampel beton normal memenuhi nilai kuat tekan kriteria K-300.
2. Nilai kuat tekan beton untuk beton dengan penggunaan *fly ash* sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12 % masih memenuhi nilai kuat tekan karakteristik beton K-300.
3. Penggunaan *fly ash* sampai 12,5% pada campuran beton masih mendapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.

### Saran

1. Penelitian ini sebaiknya dilanjutkan untuk persentase penggunaan *fly ash* yang lebih dari 12,5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Andi Offset.
- Nugraha Paul dan Antoni, 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Andi Offset.
- Damayanti, I., dan Rochman, A.. (2006). "Tinjauan Penambahan *Microsilica* dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi", *Jurnal Eco Rekayasa UMS*, Vol. 2, No. 1, pp. 24-30.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2004). *Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan*

*Tinggi (PD T-04-2004-C)*, Departemen Pekerjaan Umum.

- Marsianus Danasi dan Ade Lisantono (2015). Pengaruh penambahan *fly ash* pada beton mutu tinggi dengan *silica fume* dan *filler* pasir kwarsa, *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9)Komda VI BMPTTSSI - Makassar, 7-8 Oktober 2015*
- Nugraheni, M.W. (2011). *Tinjauan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Berserat Baja dengan Menggunakan Filler Nanomaterial*, Laporan Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Pujianto, A.. (2010). "Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* dan *Fly Ash*", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika UMY*, Vol. 13, No. 2, pp 171-180.
- Sebayang, S. (2006). "Pengaruh Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen Type V pada Beton Mutu Tinggi", *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Vol. 6, No. 2, pp. 116-123.
- Sebayang, S. (2011). "Tinjauan Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Mutu Tinggi dengan Silika Fume sebagai Bahan Tambahan", *Jurnal Rekayasa UNL*, Vol. 15, No. 2, pp. 131-138.