

# PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG PLTU ASAM – ASAM SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN UNTUK PEMBUATAN BETON STRUKTUR DITINJAU DARI EFISIENSI BIAYA

Khairil Yanuar<sup>(1)</sup> dan Umar<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

## Ringkasan

Abu terbang batu bara terdiri dari senyawa-senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan senyawa lainnya, dimana ukuran butirnya sangat halus dari semen. Bahan tersebut mempunyai sifat aktif yaitu dalam keadaan basah dapat bersenyawa dengan kalsium hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (pozzolan) yaitu mengeras pada waktu tertentu. Produksi abu terbang hasil limbah PLTU Asam – Asam cukup banyak yaitu kurang lebih 80 ton per hari, sehingga perlu dikembangkan pemanfaatannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan air terhadap campuran abu terbang dan sejauh mana abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen serta memperhitungkan efisiensi biaya dalam produksi campuran beton per  $\text{m}^3$ . Pencampuran abu terbang dilakukan pada beton dengan mutu 20 MPa, 30 MPa dan 42 MPa dengan variasi 15%, 30% dan 50% abu terbang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu terbang dapat mengurangi pemakaian air dari jumlah air rencana, namun kemudahan pekerjaannya tetap baik (workability). Pencampuran abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton yang memenuhi kuat tekan rencana dapat dilakukan sampai dengan 30% dari berat semen pada beton normal untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 20 MPa dan sampai dengan 15% dari berat semen pada beton normal untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 30 MPa, sedangkan pencampuran 50% abu terbang hanya memenuhi kuat tekan 15 MPa. Biaya produksi 1  $\text{m}^3$  beton campuran 15 %, 30% abu terbang rata – rata lebih murah 8,13% dan 16,27% dibandingkan dengan biaya produksi beton normal, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen dapat menurunkan biaya produksi beton per  $\text{m}^3$ .

**Kata Kunci** : abu terbang, beton, kuat tekan dan biaya produksi

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Abu terbang batu bara yang dihasilkan dari pembakaran batu bara PLTU Asam-Asam jumlahnya cukup besar sehingga menyulitkan dalam pembuangannya. PLTU Asam-Asam yang terdiri dari dua unit turbin, perhari memerlukan 1.850 ton batu bara. Dari 1.850 ton batu bara yang dibakar, akan menyisakan abu terbang kurang lebih 80 ton/hari. Artinya jika satu tahun dengan asumsi masa operasional 330 hari, maka PLTU Asam-Asam akan menghasilkan abu batu bara sebanyak 26.400 ton per tahun.

Abu terbang (*fly ash*) sebagai limbah PLTU berbahan bakar batu bara dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah berbahaya (B3). Abu terbang dikategorikan sebagai limbah berbahaya karena mengandung oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami

dan mencemari lingkungan. Namun penelitian toksitas abu terbang secara menyeluruh pemanfaatan abu terbang untuk kehidupan mahluk hidup dengan pendekatan secara biologi menyimpulkan bahwa abu terbang relatif tidak berbahaya bagi mahluk hidup (Wardani, 2008).

Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat. Khusus untuk limbah abu terbang dari PLTU Asam-Asam yang apabila tidak ditanggulangi dan tidak dimanfaatkan akan memerlukan tempat penampungan yang cukup besar, karena jumlahnya yang terus meningkat setiap tahunnya (PT. PLN Sektor Asam Asam, 2009).

Dari hasil penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa abu terbang terdiri dari senyawa-senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan senyawa lainnya, dimana ukuran butirnya sangat halus dari

semen. Bahan tersebut mempunyai sifat aktif yaitu dalam keadaan basah dapat bersenyawa dengan kalsium hidroksida  $Ca(OH)_2$  dan pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (pozolan) yaitu mengeras pada waktu tertentu (Hadi, 2000). Sifat pozolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam dan air membentuk senyawa yang padat dan tidak larut dalam air, penelitian perlu dilanjutkan untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton, dengan menggunakan semen seefisien mungkin yaitu dengan menggantikan sebagian semen dengan abu terbang sehingga dihasilkan beton yang lebih murah dengan kualitas yang masih memenuhi kuat tekan tertentu. Sehingga pemanfaatan abu terbang dapat mengatasi limbah abu terbang PLTU Asam-Asam.

**Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian**

Dari penjelasan latar belakang dapat diambil suatu rumusan masalah seberapa besar pengaruh penambahan abu terbang untuk pembuatan beton struktur akibat variasi penggantian sebagian semen terhadap efisiensi biaya

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton struktur terhadap efisiensi biaya

**2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengganti sebagian sebagian semen dengan abu terbang pada beton dengan kuat tekan ( $f'c$ ) 20 MPa, 30 MPa dan 42 MPa. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal yaitu SNI 03-2834-1993.

Untuk mengetahui kuat tekan beton melalui benda uji silinder beton, dengan umur pengujian 60 hari dilakukan uji kuat tekan dengan mesin penekan.

1. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dari deviasi standar yang di dapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton dengan rumus berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{2.1}$$

$Sd$  : deviasi standar  
 $x_i$  : Kuat tekan dari masing-masing benda uji  
 $\bar{x}$  : Kuat *tekan* beton rata-rata menurut rumus.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{2.2}$$

$n$  : jumlah hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji).

- a. Nilai tambah (margin) dihitung menurut rumus:

$$M = K \times Sd \tag{2.3}$$

dimana:

$M$  : Nilai tambah

$K$  : Tetapan statistik yang besar nilainya tergantung pada prosentase hasil uji yang kurang dari  $f'c$  (dalam hal ini diambil 5%; nilai  $k = 1,64$ ).

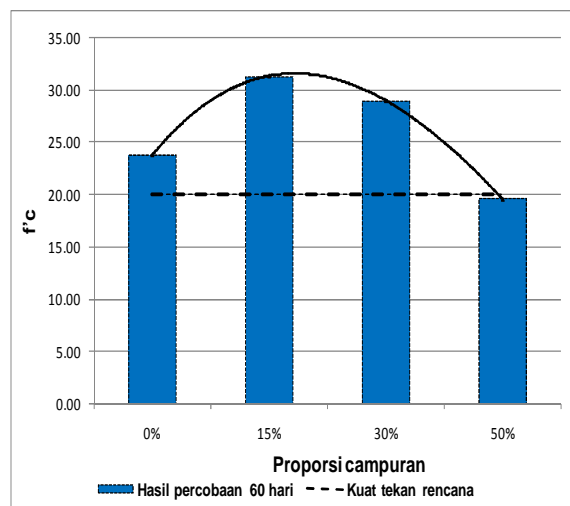
$Sd$  : deviasi standar

- b. Untuk menentukan kuat tekan yang ditargetkan dihitung dengan rumus:

$$f'cr = f'c + 1,64Sd \tag{2.4}$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

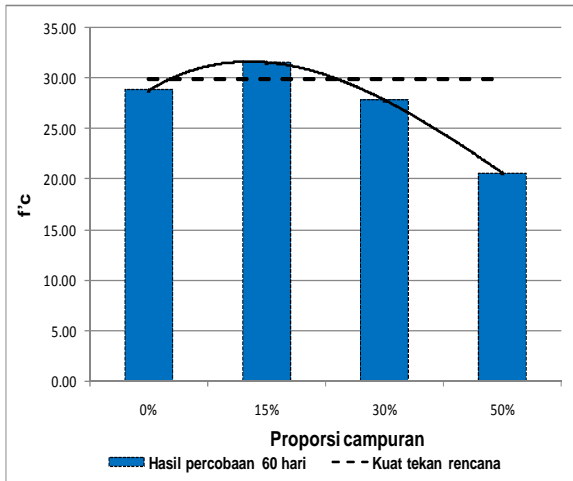
Secara keseluruhan pemanfaatan abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen yang memenuhi syarat kuat tekan rencana baik untuk  $f'c$  20 MPa dan 30 MPa adalah sebesar 15% dari berat semen pada beton normal, pencampuran abu terbang sampai dengan 30% dari berat semen pada beton normal hanya memenuhi nilai kuat tekan rencana untuk  $f'c$  20 MPa. Pencampuran 50% abu terbang menunjukkan hasil kuat tekan dibawah kuat tekan rencana baik untuk  $f'c$  50 MPa, 30 MPa dan 20 MPa. Berikut adalah gambaran nilai kuat tekan hasil pencampuran abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan rencana.



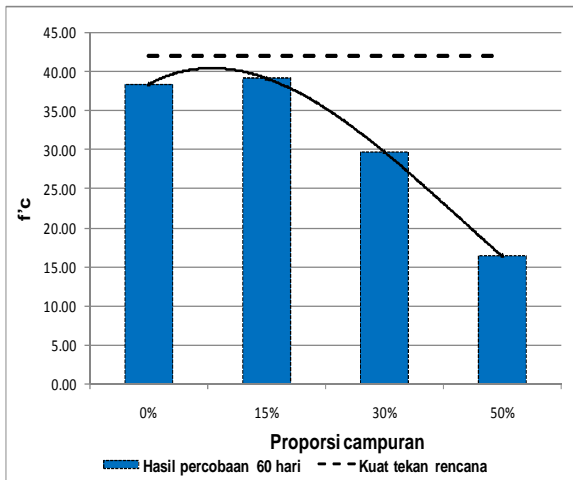
Gambar 1. Karakteristik mutu beton normal dan campuran abu terbang dari kuat tekan rencana ( $f'c$ ) 20 MPa

Pencampuran optimal abu terbang masing – masing kuat tekan yang memenuhi syarat kuat tekan rencana adalah sebagai berikut.

1. K – 250 ( $f'c$  20 MPa), pencampuran abu terbang dapat dilakukan sampai dengan 30% dari berat semen pada beton normal.
2. K – 350 ( $f'c$  30 MPa), pencampuran abu terbang dapat dilakukan sampai dengan 15% dari berat semen pada beton normal.
3. K – 500 ( $f'c$  42 MPa), pencampuran abu terbang tidak memenuhi mutu beton yang direncanakan.



Gambar 2. Karakteristik mutu beton normal dan campuran abu terbang dari kuat tekan rencana ( $f'c$ ) 30 Mpa



Gambar 3. Karakteristik mutu beton normal dan campuran abu terbang dari kuat tekan rencana ( $f'c$ ) 42 MPa

Ditinjau dari kelas beton, hasil pencampuran abu terbang pada masing – masing mutu beton didapat hasil seperti yang terlihat pada Tabel 1.

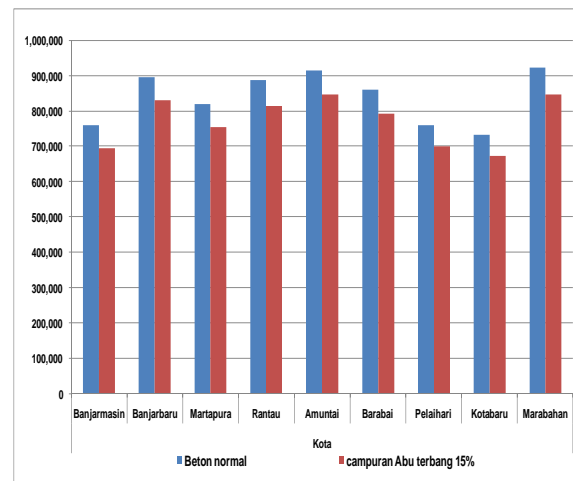
Pada Tabel 1, dapat dilihat pada penggunaan 50% abu terbang dapat memenuhi beton kelas II untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian cukup dan harus dilakukan di bawah pengawasan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu – mutu standar yaitu: B1, K-125, K-175, dan K-225. Penggunaan 15% dan 30% abu terbang

dapat memenuhi beton kelas III untuk pekerjaan-pekerjaan struktural di mana dipakai mutu beton dengan kekuatan yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup>. Pelaksanaannya memerlukan keahlian – keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pengawasan tenaga ahli, dan diisyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan memadai sehingga pengawasan terhadap mutu beton dapat dilakukan secara kontinu.

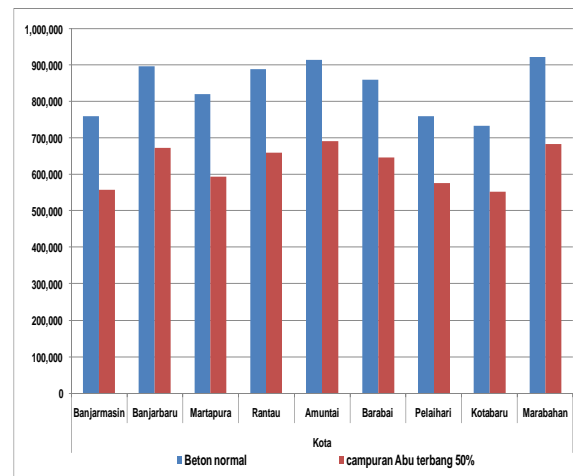
Tabel 1. Hasil pengujian benda uji

Pencampuran abu terbang	Kuat tekan benda uji		Kelas beton		Penggunaan
	SNI	PBI 71			
0%	< 22 MPa	K – 225	Kelas III	K - 225	Struktur
15%	< 30 MPa	K – 350	Kelas III		
30%	< 27 MPa	K – 325	Kelas III		
50%	< 15 MPa	K - 180	Kelas II	K - 125	Struktur

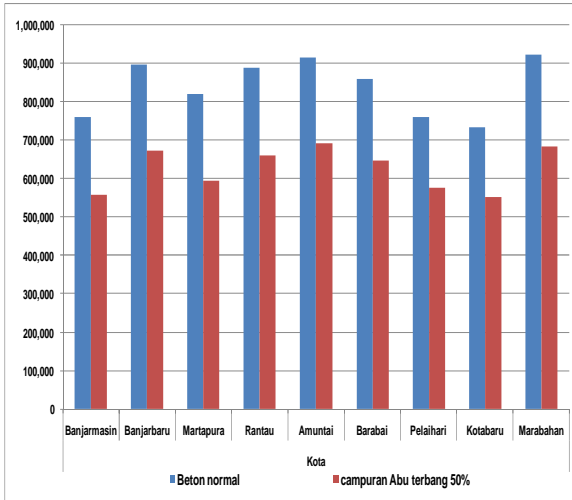
Sumber: Hasil analisis



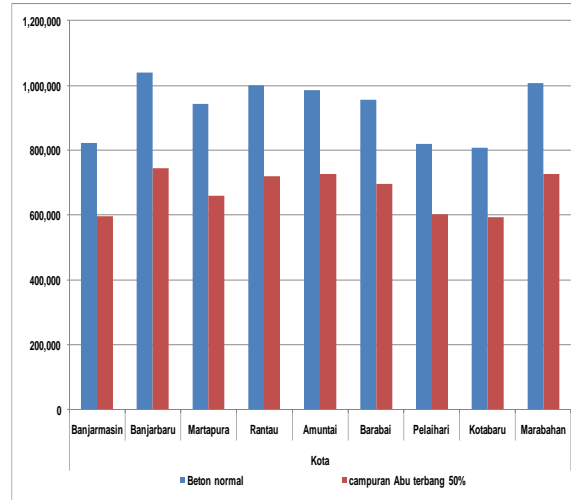
Gambar 4. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 15% campuran abu terbang untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 20 Mpa



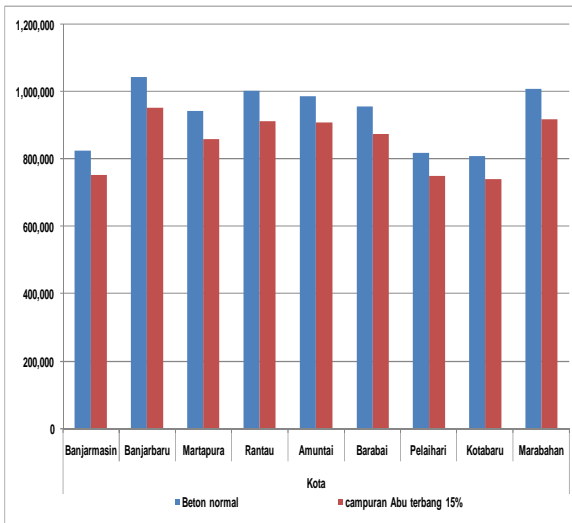
Gambar 5. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 50% campuran abu terbang untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 20 Mpa



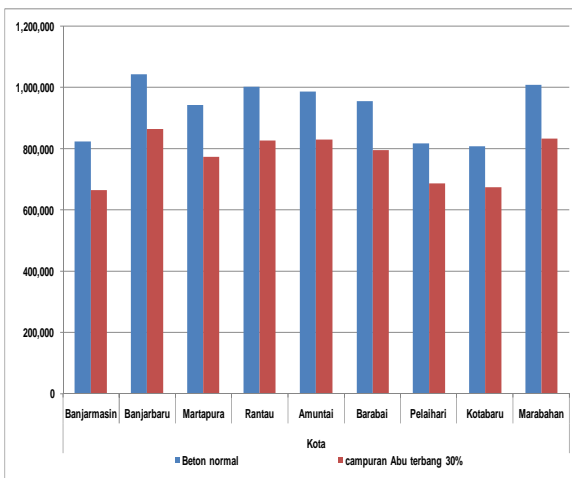
Gambar 6. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 50% campuran abu terbang untuk kuat tekan (*f'c*) 20 MPa



Gambar 9. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 50% campuran abu terbang untuk kuat tekan (*f'c*) 30 MPa



Gambar 7. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 15% campuran abu terbang untuk kuat tekan (*f'c*) 30 MPa



Gambar 8. Perbandingan biaya per m<sup>3</sup> beton normal dengan 30% campuran abu terbang untuk kuat tekan (*f'c*) 30 MPa

Secara keseluruhan pencampuran abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton dengan mutu kuat tekan (*f'c*) 30 MPa dan 20 MPa dapat menurunkan biaya produksi beton, Hal ini disebabkan harga dasar abu terbang lebih murah dibandingkan dengan harga dasar semen pada semua daerah, karena dalam perhitungan harga dasar abu terbang hanya diperhitungkan biaya transportasi sedangkan biaya material tidak diperhitungkan.

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Perbandingan biaya beton normal dengan beton campuran abu terbang adalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan (*f'c*) 20 MPa
  - a. Beton campuran 15% abu terbang lebih murah 7,67% dibandingkan beton normal.
  - b. Beton campuran 30% abu terbang lebih murah 15,40% dibandingkan beton normal.
  - c. Beton campuran 50% abu terbang lebih murah 24,48% dibandingkan beton normal.
2. Kuat tekan (*f'c*) 30 MPa
  - a. Beton campuran 15% abu terbang lebih murah 8,60% dibandingkan beton normal.
  - b. Beton campuran 30% abu terbang lebih murah 17,15% dibandingkan beton normal.
  - c. Beton campuran 50% abu terbang lebih murah 27,58% dibandingkan beton normal.

Secara keseluruhan pencampuran abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton dengan mutu kuat tekan (*f'c*) 30

MPa dan 20 MPa dapat menurunkan biaya produksi beton.

Pencampuran abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton yang memenuhi kuat tekan rencana dapat dilakukan sampai dengan 30% dari berat semen pada beton normal untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 20 MPa dan sampai dengan 15% dari berat semen pada beton normal untuk kuat tekan ( $f'c$ ) 30 MPa. Beton dengan kuat tekan ( $f'c$ ) 42 MPa tidak dapat dicampurkan abu terbang sebagai bahan pengganti sebagian semen. Dari hasil perhitungan karakteristik mutu beton maka beton normal, beton campuran 15% abu terbang, 30% abu terbang termasuk jenis beton kelas III dan beton campuran 50% abu terbang termasuk jenis beton kelas II.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Propinsi Kalimantan Selatan, (2010), "*Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) Stándar Biaya Umum*"
2. Badan Standarisasi Nasional (BSN), (2002), Standar Konsep Standar Nasional Indonesia (SNI 03 – 6863 – 2002) , "*Metode pengambilan contoh dan pengujian abu terbang atau pozolan alam sebagai mineral pencampur dalam beton semen portland*", Jakarta
3. Departemen Pekerjaan Umum, (1993), *Standar Nasional Indonesia* (SNI 03-2834-1993) , "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*" , Yayasan LPMB, Bandung.
4. Departemen Pekerjaan umum, (1990), Standar Konsep Standar Nasional Indonesia (SK SNI S-04-1989-F) , "*Spesifikasi Bahan Perikat Hidrolis Sebagai Bahan Bangunan*" , Yayasan LPMB, Bandung.
5. Departemen Pekerjaan umum, (1990), Standar Konsep Standar Nasional Indonesia (SK SNI S – 04 – 1989 – F) , "*Spesifikasi Air Sebagai Bahan Bangunan*" , Yayasan LPMB, Bandung.
6. Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tabalong, (2010), "*Harga Satuan Dasar Upah dan Bahan*"
7. Hadi, Sahlan, (2004), *Analisis Pekerjaan Beton Struktur Menggunakan Pengadukan Secara Manual dan Concrete Mixing Plan (CMP)* Tesis Magister Teknik Unlam, Banjarmasin.
8. Hadi Sofwan, (2000), "*Studi Pengaruh Ukuran Butir dan Komposisi Abu Terbang PLTU Surabaya Sebagai Bahan Pengisi dan Pozolan*" Tesis Magister Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
9. Pustrans – Balitbang Departemen Pekerjaan umum, (1990), Standar Konsep Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000) , "*Pedoman Awal Untuk Perkiraan Proporsi Takaran Campuran*"
10. Sastraatmadja S.a., (1994), "*Anggaran Biaya Pelaksanaan*", Bandung
11. Tri Mulyono, (2003), "*Teknologi Beton* ", Andi, Yogyakarta.
12. Wardani, Sri Prabandiani Retno, (2008), Pidato Pengukuhan Pada Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar Pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro, "*Pemanfaatan Limbah Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*", Semarang.