

# PENGARUH LIMBAH ABU BOILER DAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON

Muhammad Reza<sup>1</sup>, Rahmi Karolina<sup>2</sup>, Johannes Tarigan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan*

*Email : [muhammadreza.001@gmail.com](mailto:muhammadreza.001@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Staff Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan*

*Email : [rachmiecaroline@gmail.com](mailto:rachmiecaroline@gmail.com)*

<sup>3</sup>*Staff Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan*

*Email : [johannes\\_tarigan@yahoo.com](mailto:johannes_tarigan@yahoo.com)*

## ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya zaman di era globalisasi dan kemajuan teknologi yang pesat mengakibatkan munculnya benda-benda tak habis pakai (limbah) dimana sering dimanfaatkan untuk keperluan tertentu, seperti bidang rekayasa bahan bangunan, yang mana limbah-limbah tersebut sudah diteliti sebelumnya. Salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan sebagai campuran beton yaitu abu boiler dan abu terbang (*fly ash*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu boiler dan abu terbang (*fly ash*) terhadap, nilai *slump*, mutu kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Komposisi penggantian semen dengan abu boiler dan abu terbang (*fly ash*) masing-masing sebanyak 2,5% dan 2,5%; 5% dan 5%; 7,5% dan 7,5%; 10% dan 10%; 12,5% dan 12,5% dari penggunaan semen. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan abu boiler dan abu terbang (*fly ash*) masing-masing 2,5%, yaitu sebesar 9,47% atau 34,91 MPa dan kuat beton terendah terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan abu boiler dan abu terbang (*fly ash*) masing-masing 12,5%, yaitu sebesar 48,40% atau 16,46 MPa. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah, kuat tarik belah tertinggi pada variasi 2,5% yaitu sebesar 6,43% atau 78,05 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik belah terendah pada variasi 12,5% yaitu sebesar 29,76% atau 51,51 kg/cm<sup>2</sup>.

*Kata kunci : beton, abu boiler, fly ash, kombinasi, kuat tekan beton, kuat tarik belah*

## ABSTRACT

As the development of times in this globalization era and the evolve of technology, it caused the appear of unconsumable objects (waste) which are often used for a certain purpose such as engineering building, where the waste has been researched before. One of the waste that can be used as the substitution material of concrete mixture are boiler ash and fly ash. This study was purposed to know the extent of boiler ash and fly ash effect as the cement substitute to slump test value, the concrete compressive strength quality and concrete split tensile strength. The substitution composition of boiler ash and fly ash each are 2,5% and 2,5%; 5% and 5%; 7,5% and 7,5%; 10% and 10%; 12,5% and 12,5% from the use of cement. From the reasearch we obtain that the highest

concrete compressive strength is 9,47% or 34,91 MPa in 2,5% amount of each boiler ash and fly ash and the lowest is 48,40% or 16,46 MPa. While at concrete split tensile strength, the highest is 6,43% or 78,05 kg/cm<sup>2</sup> in 2,5% variation and the lowest is 29,76% or 51,51 kg/cm<sup>2</sup> in 12,5% variation.

*Keywords: concrete, boiler ash, fly ash, combination, concrete compressive strength, concrete split tensile strength*

## 1. PENDAHULUAN

Beton yang merupakan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya dengan perbandingan tertentu. Banyak segi keuntungan yang diperoleh dari beton, seperti memiliki kekuatan yang besar terhadap tekan, mutu dapat direncanakan sesuai kebutuhan dan mudah didapat serta relative memerlukan biaya yang murah dalam pengangkutan, pencetakan dan perawatannya, namun dalam sifat lenturnya beton memiliki nilai yang rendah.

Hal ini mendasari saya untuk menggunakan limbah kelapa sawit (abu boiler) dan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai bahan tambahan maupun pengganti semen dalam pembuatan beton. Penambahan abu kelapa sawit dan abu terbang batubara ini diharapkan dapat menjadikan yang memiliki kuat tekan, kuat tarik, serta elastisitas yang baik namun tidak menurunkan nilai kekuatan beton tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan limbah kelapa sawit (abu boiler) yang dikombinasikan dengan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) terhadap nilai *slump*, mutu kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.. Penelitian yang dilakukan meliputi pemeriksaan material (analisa ayakan, berat jenis, berat isi, absobsi dan pencucian agregat dengan ayakan no. 200), pengujian waktu ikat semen serta pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03). Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Pemilihan material yang memenuhi persyaratan sangat penting dalam perancangan beton, sehingga diperoleh kekuatan yang optimum. Selain itu kemudahan pengerjaan (*workability*) juga sangat dibutuhkan pada perancangan beton.

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

### 2.1 Bahan Penyusun Beton

Menurut SII 0013-1981, semen *portland* adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang

bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum. Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (Sagel, Kole, dan Kusuma, 1993). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (Nawy, 1998).

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen.

## **2.2. Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS)**

Abu kerak boiler ini adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu  $700 - 800^{\circ}\text{C}$  pada dapur tungku boiler. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomass dengan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang potensial dimanfaatkan. Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih – keabuan akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi dengan kandungan silika 61 %. Tingginya kandungan silika ini membuat abu kerak boiler ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pozzolan dalam campuran beton.

## **2.3. Abu Terbang ( Fly Ash)**

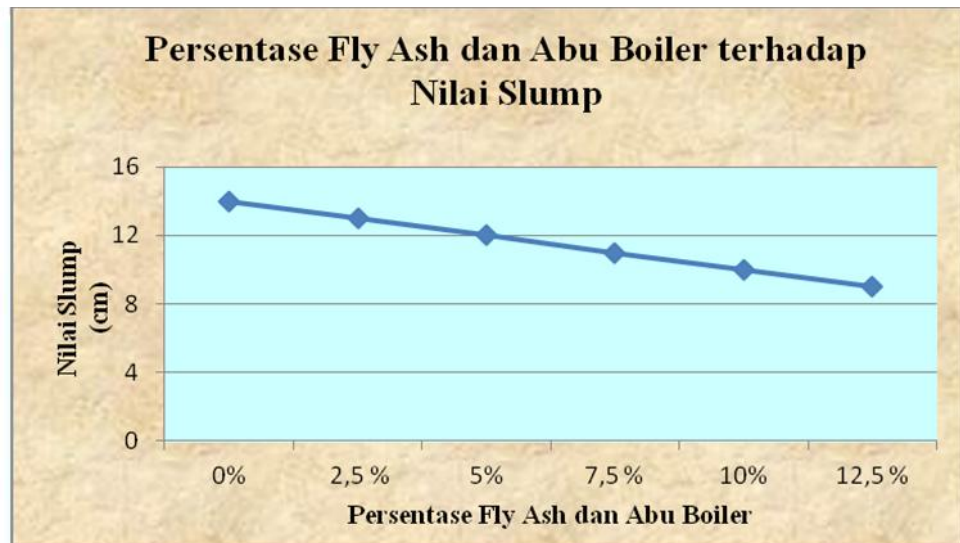
Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam furnace pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatic precipitator. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya

## **3. METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan beton adalah semen jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau tipe 1 produksi PT. Semen Padang, agregat halus diperoleh dari daerah Binjai, agregat kasar batu pecah (*split*), air bersih yang berasal dari PDAM Tirtanadi, serta *fly ash* dan abu boiler. Bahan-bahan untuk campuran beton seperti agregat halus dan kasar terlebih dahulu dianalisa untuk memeriksa kelayakan bahan. Mutu rencana beton adalah  $f'c$  30 MPa dengan benda uji silinder beton 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi substitusi fly ash dan abu boiler masing-masing sebesar 2,5%; 5%; 7,5%; 10%, dan 12,5% dari penggunaan semen. Pembuatan benda uji menggunakan metode Departemen Pekerjaan Umum yang berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Dari hasil perhitungan *mix design* diperoleh perbandingan campuran beton antara semen : pasir : kerikil : air = 1,00 : 1,56 : 2,34 : 0,40.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

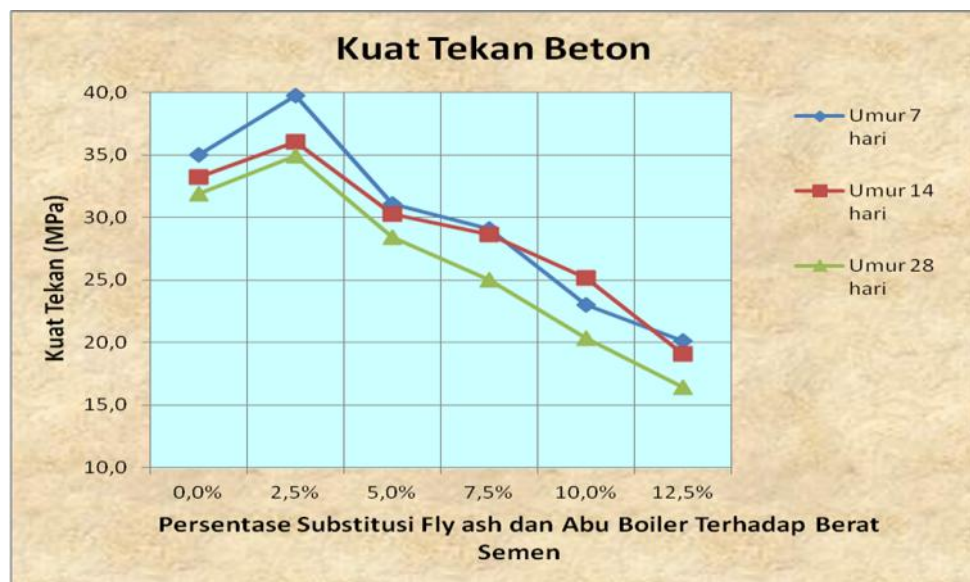
### 4.1 Nilai Slump



**Gambar 4.1** Grafik nilai slump terhadap variasi abu boiler dan *fly ash* (M.Reza, 2014)

Dari tabel dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya persentase pemakaian abu boiler dan *fly ash* nilai *slump* turun dengan signifikan, hal ini sesuai dengan sifat abu yang menyerap air.

### 4.2. Kuat Tekan Bebas



**Gambar 4.2** Hubungan kuat tekan beton dengan substitusi abu boiler dan *fly ash* terhadap berat semen (M.Reza, 2014)

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada umur beton 7,14 dan 28 hari dengan variasi substitusi abu boiler dan *fly ash* yang masing-masing 2,5 % terhadap berat semen merupakan kuat tekan tertinggi, yaitu sebesar 39,78 Mpa; 36,03 Mpa dan 34,91 Mpa.

Dan pada variasi substitusi abu boiler dan *fly ash* yang masing-masing 12,5 % dari berat semen diperoleh kuat tekan terendah, yaitu 20,15 Mpa; 19,13 Mpa dan 16,46 Mpa. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan kuat tekan dengan persentase substitusi abu terhadap berat semen memiliki kecenderungan menurun setelah masing-masing variasi 2,5% dan 5 % penggantian abu terhadap semen.

### 4.3. Kuat Tarik Belah

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan substitusi abu boiler dan *fly ash* terhadap berat semen ditunjukkan pada grafik berikut :



**Gambar 4.6** Hubungan kuat tarik belah beton dengan substitusi abu boiler dan *fly ash* terhadap berat semen (M.Reza, 2014)

Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton pada beton pada umur 7,14, dan 28 hari diperoleh hasil bahwa terjadi penurunan tegangan tarik beton pada setiap penambahan persentase substitusi abu boiler dan *fly ash*. Sehingga didapat grafik yang menurun dengan signifikan seiring dengan substitusi abu boiler dan *fly ash*.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Substitusi abu boiler dan *fly ash* terhadap semen pada campuran beton dapat menurunkan nilai *slump* pada setiap penambahan variasi, sehingga nilai workability beton tersebut berkurang.
2. Pada campuran beton dengan penggantian semen dengan abu boiler dan *fly ash* masing-masing 2,5% ( B-ABFA 2,5%) meningkatkan nilai kuat tekan beton sebesar 13,60%; 8,39%; 9,47% pada umur 7, 14 dan 28 hari menjadi sebesar 39,78 Mpa; 36,03 Mpa dan 34,91 Mpa dari nilai beton normal. Sedangkan pada nilai kuat tarik belah beton mengalami peningkatan

kekuatan sebesar 9,12%; 5,45%; 6,43% pada umur 7, 14 dan 28 hari menjadi sebesar 63,50 Kg/cm<sup>2</sup>; 68,41 Kg/cm<sup>2</sup>; 78,05 Kg/cm<sup>2</sup> dari nilai beton normal.

3. Sedangkan pada variasi 7,5%; 10% dan 12,5% terjadi penurunan kuat tekan maupun kuat tarik belah beton. Hal ini disebabkan Penambahan senyawa silika (SiO<sub>2</sub>) yang berlebihan pada beton yang terkandung di dalam abu boiler dan *fly ash* mengakibatkan pengikatan antar bahan penyusun tidak sempurna sehingga terjadi penurunan kekuatan.

## 5.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian dan menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan beton dengan mutu > 30 MPa, maka perlu diadakan penelitian dengan bahan susun yang mempunyai kualitas lebih baik.
2. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi kekuatan sampel.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi abu boiler dan *fly ash* yang berbeda lagi (kadar <7,5%) atau saling dikombinasikan dengan bahan pozzolan/mineral lain (contoh : Kerak Tanur Tinggi, Silika Fume, atau Abu Kulit Gabah).

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, Annual Books of ASTM Standards 1991 : *Concretes And Aggregates*, Vol.04.02 Construction, Philadelphia-USA: ASTM,1991,PA19103-1187
- Kimpraswil, NSPM. 2002. *Metode, Spesifikasi, dan Tata Cara, Edisi Pertama*. Jakarta. Badan Penelitian dan Pengembangan
- Nawy, E.G. (1998). *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)*. Bandung. Refika Aditama
- Reza, Muhammad (2014) *Pengaruh Limbah Abu Boiler dan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Dalam Campuran Beton*. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sagel, R., Kole, P., & Kusuma, G. (1993). *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta. Erlangga.