

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATUBARA BOTTOM ASH SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PARSIAL AGREGAT HALUS MUTU BETON $f'c$ 25 MPa TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS

Etika Nirwana¹, Resyta Nur Ramadhani², Ahmad Sumantri³

Perancangan Jalan dan Jembatan^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
etikanirwana@students.polmed.ac.id¹, resytaramadhani@students.polmed.ac.id²,
sumantri2020@gmail.com³

ABSTRAK

Upaya yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemanfaatan limbah batu bara padat (*bottom ash*) yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagai agregat halus. *Bottom ash* memiliki ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat dari pada *Fly Ash*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan porositas pada beton. Nilai Slump yang diperoleh dari pengerjaan beton berdasarkan variasi *bottom ash*, yaitu 0%, 20%, 30% dan 40% adalah berturut-turut 6 cm; 6,3 cm; 5,5 cm dan 5,5 cm. Nilai slump menunjukkan terjadi penurunan seiring bertambahnya persentase *bottom ash* yang digunakan, hal ini menyebabkan pengerjaan beton semakin sulit. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil dari pengujian kuat tekan beton yang masih memenuhi kekuatan rencana diperoleh dengan penggunaan *bottom ash* variasi 0% dan 20% yaitu sebesar 32,63 MPa dan 25,03 MPa. Sedangkan pada variasi 30% dan 40% mengalami penurunan kuat tekan yaitu 21,63 MPa dan 21,19 MPa. Pada pengujian porositas pada variasi 0%, 20%, 30% dan 40% didapatkan nilai porositas berturut-turut sebesar 0,010658%; 0,01294%; 0,013395% dan 0,05939%. Didapatkan nilai yang terus meningkat yang hal ini merupakan salah satu penyebab penurunan kuat tekan.

Kata Kunci : Beton, *Bottom Ash*, Slump, Kuat Tekan, Porositas

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan konstruksi saat ini mengalami kemajuan pesat, yang menyebabkan terjadinya peningkatan permintaan bahan konstruksi. Oleh karena itu diperlukan material lainnya sebagai atau setidaknya material mampu mengurangi penggunaan agregat untuk digunakan pada pembuatan beton.

Upaya yang dilakukan tersebut adalah alternatif untuk memanfaatkan limbah-limbah industri pertanian perkebunan maupun limbah pabrik yang dibiarkan begitu saja. Limbah tersebut dapat berupa limbah kulit kerang, abu sekam padi (*rice husk ash*), abu ampas tebu (*bargase furnance*), cangkang kelapa sawit, abu terbang (*fly ash*) dan limbah lain sebagainya.

Limbah batu padat atau disebut *bottom ash* memiliki komposisi kimia, sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na, dan unsur kimia lain. *Bottom ash* memiliki ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*. *Bottom ash* memiliki ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat dari pada *Fly Ash*. Salah satu daerah terdekat dengan aktivitas produksi batubara adalah PT. Indo Sepadan Jaya PMKS Tanjung Selamat Kab. Labuhan Batu yang menghasilkan limbah batubara padat berupa *bottom ash* dan *fly ash*.

Tujuan penelitian untuk mengetahui kuat tekan dan porositas pada beton dengan variasi dengan persentase *bottom ash* dalam campuran beton dengan variasi persentase *bottom ash* 0%, 20%, 30% dan 40% dengan mutu beton $f'c$ 25 MPa.

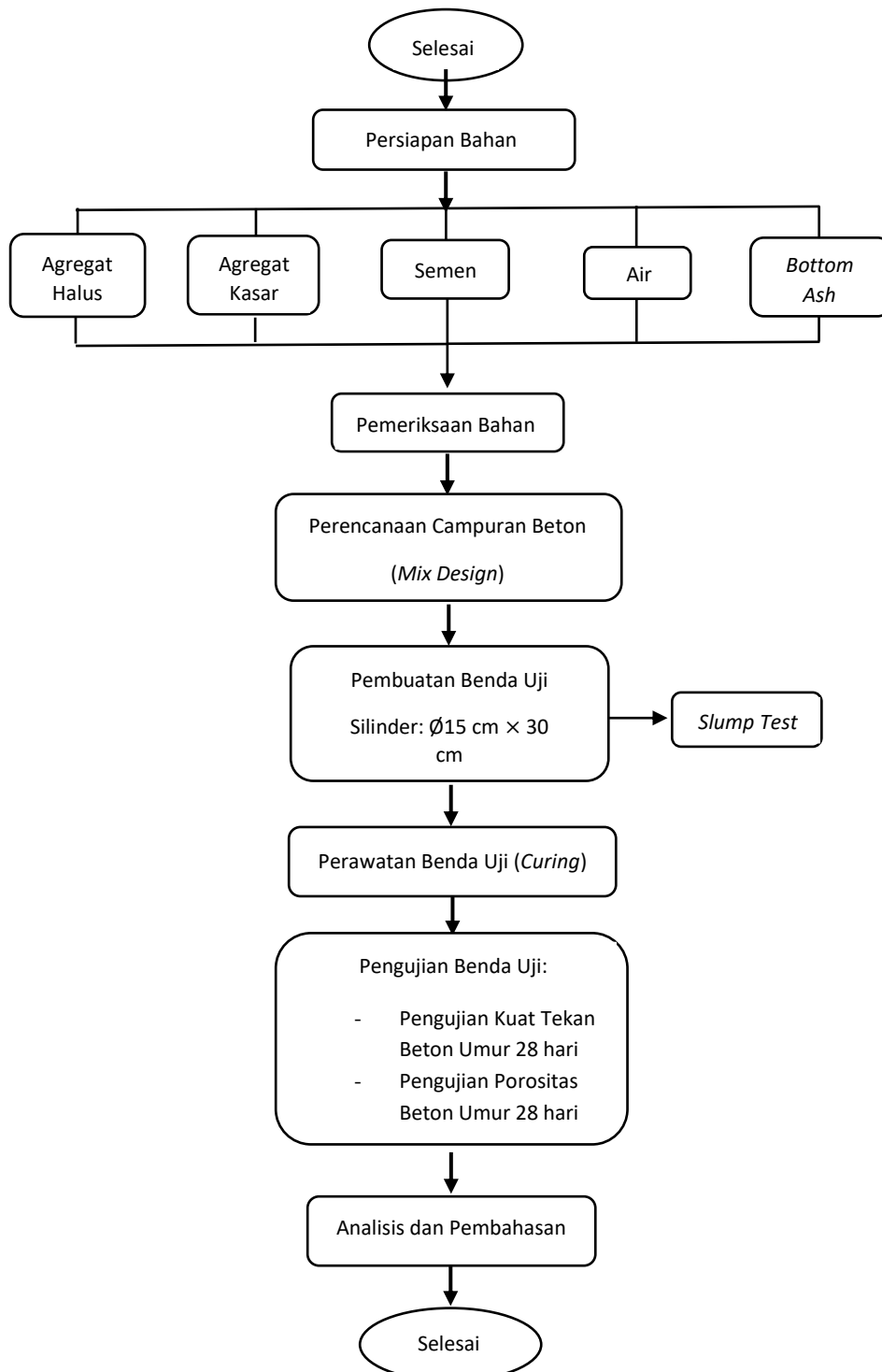
TINJAUAN PUSTAKA

I Wayan Suarnita. Meneliti tentang Pemanfaatan Abu Dasar (*Bottom Ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu dasar antara 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % sebagai pengganti sebagian agregat halus. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari, diperoleh untuk beton normal dan beton dengan penggunaan abu dasar sebagai pengganti agregat halus untuk variasi 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dari berat agregat

halus adalah sebesar 20,524 MPa, 20,444 MPa, 19,982 MPa, 20,756 MPa dan 19,556 MPa. Kuat tekan maksimal terjadi pada variasi 30 % dan kuat tekan terendah terdapat pada variasi 40 %. Kuat tekan pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 10 %, 20 % dan 40 % dari beton normal antara 0,389 %, 2,640 %, dan 4,716 %, sedangkan pada variasi 30 % terjadi peningkatan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,130 %.

METODE

Pada penelitian ini total terdapat 20 sampel benda uji dengan variasi persentase bottom ash yang berbeda-beda terhadap berat agregat halus untuk tiap variasi. Variasi yang digunakan yaitu 0%, 20%, 30% dan 40%. Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan

Kuat Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan benda uji dapat dilakukan dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata dan dinyatakan hasilnya dengan dibulatkan ke-1 desimal dengan satuan Mega Pascal (MPa) (SNI 1974 : 2011). Dengan demikian dapat dinyatakan dengan persamaan 1 berikut.

Persamaan 1. Menentukan Nilai Kuat Tekan Beton

$$f_c' = P/A$$

Dimana :

f_c' : kuat tekan beton dengan benda uji silinder (MPa atau N/mm²)

P : gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N)

A : luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam (mm²)

Porositas Beton

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume lubang-lubang kosong yang dimiliki oleh zat padat (volume kosong) dengan jumlah dari volume zat padat yang di tempati oleh zat padat.

Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka dengan rumus (Lawrence H.Van Vlack, 1989) :

Persamaan 2. Menentukan Porositas Terhadap Beton

$$P = \left\{ \left\{ \frac{wb-wk}{vb} \right\} \times \left\{ \frac{1}{\rho_{air}} \right\} \times (100\%) \right\}$$

Dimana :

P = Porositas

wb = Massa basah sampel setelah direndam (gram)

wk = Massa kering sampel setelah direndam (gram)

vb = volume benda uji (cm³) ($\frac{1}{4} \pi d^2 t$)

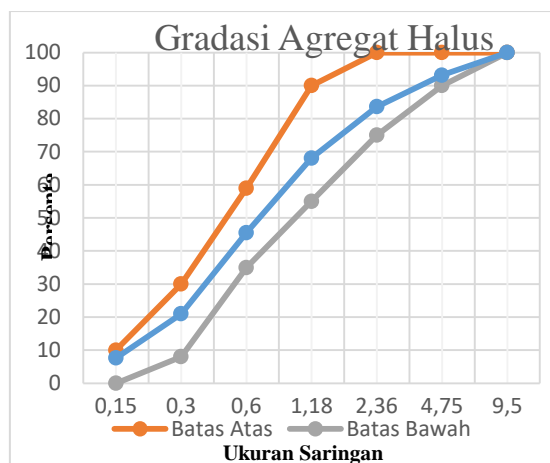
ρ_{air} = massa jenis air (gr/cm³).

Tabel 1. Jumlah Sampel Pada Penelitian Beton

Variasi Bottom Ash	Ukuran Benda Uji (cm)	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel (buah)	Keterangan
0%	Ø 15 x 30	Kuat Tekan	3	Pengujian Umur 28 Hari
5%			3	
10%			3	
20%			3	
30%			3	
Jumlah Benda Uji Kuat Tekan			15	
0%	Ø 15 x 30	Porositas	2	Pengujian Umur 28 Hari
5%			2	
10%			2	
20%			2	
30%			2	
Jumlah Benda Uji Porositas			10	
Jumlah Keseluruhan Benda Uji			25	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agregat Kasar dan Agregat Halus



Gambar 2. Gradasi Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar Organik	Warna No. 2
Kadar Lumpur	0,78%
Analisa Saringan	Zona II
	MKB = 2,8
Berat Jenis dan Penyerapan	BJ SSD = 2,56 gr/cm ³
	Penyerapan = 1,68%
Kadar Air	0,67%

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar Lumpur	0,76%
Analisa Saringan	MKB = 7,1
Berat Jenis dan Penyerapan	BJ SSD = 2,63 gr/cm ³
	Penyerapan = 0,56%
Kadar Air	0,73%

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan *Bottom Ash*

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar Organik	Warna No.5 (sebelum dicuci)
	Warna No.2 (setelah dicuci)
Kadar Lumpur	5,72%

Komposisi Campuran Beton

Dari hasil mix design dan perhitungan koreksi proporsi campuran beton serta perhitungan volume pekerjaan yang telah dilakukan, maka diperoleh komposisi campuran beton normal untuk 5 benda uji silinder. Komposisi campuran beton untuk setiap variasi limbah batu bara (*bottom ash*) sebagai bahan pengganti parsial agregat halus ditunjukkan pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Komposisi Campuran Beton Normal

Variasi Abu	Benda Uji	Jumlah Sampel	Kebutuhan Bahan				
			Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Bottom ash (kg)
0%	Silinder	5	5,78	11,28	19,95	35,11	0
20%	Silinder	5	5,78	11,28	15,96	35,11	3,99
30%	Silinder	5	5,78	11,28	13,96	35,11	5,98
40%	Silinder	5	5,78	11,28	11,97	35,11	7,98

Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump beton dilakukan untuk mengetahui tingkat workability dari campuran beton tersebut. Nilai slump maksimum yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebesar 7,5 cm dan slump minimum sebesar 5,0 cm. Hasil pengujian slump untuk setiap variasi limbah batu bara (bottom ash) dapat dilihat pada tabel 6. berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Silinder			
	0%	20%	30%	40%
Variasi limbah batu bara (<i>bottom ash</i>)	0%	20%	30%	40%
Nilai Slump (cm)	6	6,3	5,5	5,5

Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder sebanyak 3 sampel untuk setiap variasi campuran beton. Pengujian ini dilakukan pada beton berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum, yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{max}).

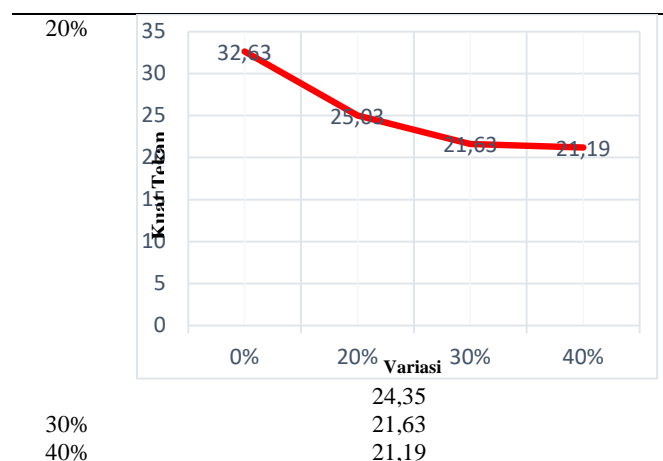
Contoh Perhitungan nilai kuat tekan beton menggunakan Rumus untuk sampel 1 dengan variasi limbah batu bara (*bottom ash*) sebesar 0% pada benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= 540000 \text{ N} \\
 A &= 0,25 (\pi) (d^2) \\
 &= 0,25 (\pi) (150 \text{ mm})^2 \\
 A &= 17671,458 \text{ mm}^2 \\
 f_c' &= P/A \\
 &= (540000 \text{ N}) / (17671,458 \text{ mm}^2) \\
 &= 30,56 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tekan yang diperoleh untuk sampel 1 pada variasi limbah batu bara (*bottom ash*) 0% adalah sebesar 30,56 MPa. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh rekapitulasi data hasil pengujian kuat tekan beton berdasarkan variasi penggunaan *bottom ash* sebagai bahan pengganti parsial agregat halus yang dapat dilihat pada Tabel 7. berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Variasi Limbah Batu Bara (<i>Bottom Ash</i>)	Nilai Kuat Tekan Beton (MPa)
0%	32,63



Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

Hasil Pemeriksaan Porositas Beton

Pengujian porositas beton dilakukan terhadap benda uji silinder sebanyak 2 sampel untuk setiap variasi campuran beton. Pengujian ini dilakukan pada beton berumur 28 hari. Dan bertujuan untuk mengetahui porositas yang dikandung masing-masing beton.

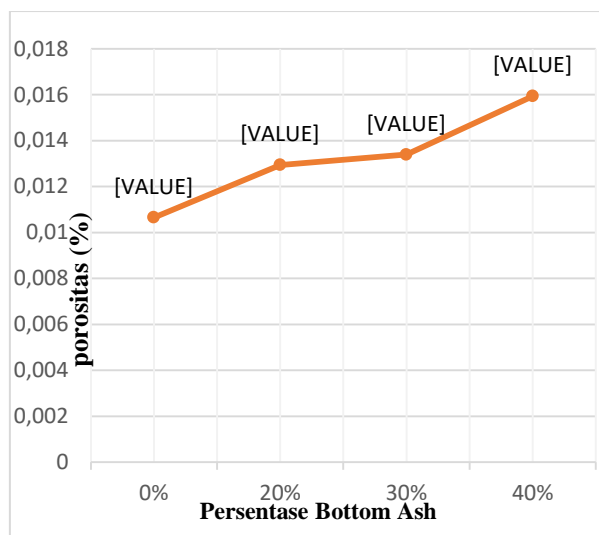
Contoh perhitungan nilai porositas beton menggunakan persamaan untuk sampel 1 dengan variasi bottom ash sebesar 0% pada benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 w_b &= 12622 \text{ gram} \\
 w_k &= 12552 \text{ gram} \\
 \rho_{air} &= 1 \text{ gr/cm}^3 \\
 v_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 P &= \left\{ \left(\frac{w_b - w_k}{v_b} \right) \times \left(\frac{1}{\rho_{air}} \right) \times (100\%) \right\} \\
 &= \left\{ \left(\frac{12622 - 12552}{5301,438} \right) \times \left(\frac{1}{1} \right) \times (100\%) \right\} \\
 &= 0,013209
 \end{aligned}$$

Nilai porositas beton yang diperoleh untuk sampel 1 pada variasi *bottom ash* 0% adalah sebesar 0,013209. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh rekapitulasi data hasil pengujian porositas berdasarkan variasi penggunaan bottom ash sebagai bahan pengganti parsial agregat halus yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Porositas Beton

Variasi Limbah Batu Bara (<i>Bottom Ash</i>)	Nilai Porositas Beton (%)
0%	0,010658
20%	0,01294
30%	0,013395
40%	0,015939



Gambar 4. Grafik Rekapitulasi Pemeriksaan Porositas Beton

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai uji slump yang bervariasi yaitu beton dengan persentase 0% , 20%, 30% dan 40% menghasilkan nilai slump berturut-turut yaitu, 6 cm; 6,3 cm; 5,5 cm; dan 5 cm. Nilai slump menunjukkan terjadi penurunan seiring bertambahnya persentase *bottom ash* yang digunakan, hal ini menyebabkan pengerjaan beton semakin sulit.

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan limbah batu bara *bottom ash* sebagai bahan pengganti parsial agregat halus mengalami penurunan kuat tekan seiring bertambahnya persentase *bottom ash* yang digunakan. Nilai kuat tekan beton yang didapatkan berdasarkan persentase *bottom ash* yang diberikan yaitu 0%, 20%, 30%, 40% berturut-turut mendapatkan nilai tekan 32,63 MPa; 25,03 MPa; 21,63 MPa; dan 21,19 MPa. Maka nilai kuat tekan beton yang memenuhi f_c' rencana adalah pada variasi 0% dan variasi 20%.

Berdasarkan pengujian porositas yang dilakukan mendapatkan nilai porositas beton normal sebesar 0,010658%, beton yang diberi bahan tambah parsial *bottom ash* dengan persentase 20%, 30% dan 40% berturut-turut mendapatkan nilai porositas sebesar 0,01294%; 0,013395%; dan 0,015939%. Porositas meningkat dengan bertambahnya persentase *bottom ash* yang diberikan.

Dari hasil penelitian yang didapat, pembuatan beton dengan menggunakan f_c 25 MPa untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan mengganti agregat halus secara parsial dengan limbah batu bara padat (*bottom ash*) dan menggunakan takaran persentase yang bervariasi yaitu dari 0%, 20%, 30% dan 40% tidak mendapatkan hasil yang baik. Maka dari itu hasil penelitian yang saya lakukan tidak dapat digunakan untuk pembuatan beton perkerasan kaku (*rigid pavement*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agnes Claudia Posedung, Frans Phengkarsa, Desy Sandy (2020). "Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kekuatan Beton", Jurnal Teknik Sipil UKI, "Vol 2, No.3: hlm. 187-195".

- Darwis Zulmahdi, Soelarso, Taufik Hidayat (2015). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton. Jurnal Fondasi. "Vol 4: hlm. 52 - 57".
- I Wayan Sumarnita., (n.d) Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Pengganti Agregat Halus.
- Jacob Achfas, Murni Dewi, Imran Jamran (2013). Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air. Jurnal Rekayasa Sipil. "Vol 7: hlm. 81 - 87".
- Mulyono, T. 2016. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugraha Paul dan Antoni, 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta. Andi Offset.
- 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.
- Setiawan Mira (2018). Fly Ash Bahan Pengganti Semen Pada Beton.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000). 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 1974-2011). 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Badan Standardisasi Nasional.
- Suwarto. (1999). Pemanfaatan Bottom Ash Limbah Bahan Bakar Batubara Pada Industri Tekstil Untuk Beton Normal.
- Tjokrodinuljo. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Biro Penerbit.