

**PENGARUH ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN
PADA BATA BETON BERAGREGAT *BOTTOM ASH***

(Skripsi)

Oleh

ROBBY CHANDRA HASYIM



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGARUH ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BATA BETON BERAGREGAT *BOTTOM ASH*

Oleh

ROBBY CHANDRA HASYIM

Setiap tahunnya pertambahan penduduk di Indonesia semakin meningkat. Hal ini berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan pemukiman. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat memanfaatkan bahan-bahan alternative sebagai bahan ikat dan material pengganti. Salah satu bahan alternatif yang mudah ditemukan di Indonesia adalah limbah batu bara yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena termasuk limbah b3, limbah ini juga memiliki sifat pozzolan atau sifat mengikat seperti semen. Sehingga sangat efektif untuk digunakan dari berbagai segi. Penelitian yang dapat dilakukan dalam pemanfaatan limbah ini salah satunya dengan pembuatan bata beton berlubang dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian pasir.

Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan paling tinggi adalah bata beton dengan komposisi *fly ash* sebesar 20% dari berat semen dengan nilai kuat tekan 33,3 kg/cm² pada umur 28 hari dan 41,34 kg/cm² pada umur 56 hari. Untuk nilai

serapan air semua variasi *fly ash* masuk dalam klasifikasi mutu I (25%) dengan nilai serapan air optimum pada variasi *fly ash* 40% dengan nilai sebesar 11,3% pada umur 28 hari dan 9,65% pada umur 56 hari.

Kata Kunci : Bata Beton, Fly Ash, Bottom Ash.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF FLY ASH AS REPLACEMENT MATERIALS OF CEMENT FOR HOLLOW BRICK WITH BOTTOM ASH MATERIALS

By

ROBBY CHANDRA HASYIM

Every year, the growth of population in Indonesia is increasing. This is directly proportional with the increasing of settlement requirements. To solve the problems we can make use of alternative materials as a binder and partial replacement materials. One of the alternative materials can be found easiest in Indonesia is coal waste, those are fly ash and bottom ash. Besides reducing environmental pollution caused it includes of “B3” waste (B3 means dangerous and poisonous materials in Bahasa), this waste also has pozzolan or binding properties such as cement. So it's effective to be used in many ways. One of research that can be done for utilization of this waste is by making hollow brick with fly ash as a substitute materials of cements and bottom ash as a materials of sands.

Based on results the highest value of compressive strength is hollow brick with 20% fly ash of the weight of cement with compressive strength 33.3 kg / cm² at 28th days and 41.34 kg / cm² at 56th day. For the water absorption value, all variations of fly ash are included in the classification of 1st quality (25%) with variation of optimum value 40% fly ash with results 11.3% at 28th day and 9.65% at 56th day.

Keyword : Hollow Brick, Fly Ash, Bottom Ash

**PENGARUH ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN
PADA BATA BETON BERAGREGAT *BOTTOM ASH***

Oleh

ROBBY CHANDRA HASYIM

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **PENGARUH ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEMEN PADA BATA BETON
BERAGREGAT *BOTTOM ASH***

Nama Mahasiswa : **Robby Chandra Hasyim**

NPM : **1215011098**

Jurusan : **Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Surya Sebayang, M.T.
NIP. 195801241987031001

Ir. Andi Kusnadi M.M., M.T.
NIP. 196204081989032001


2. Ketua Jurusan

an

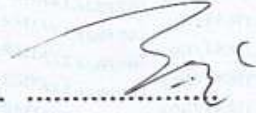
Gatot Eko S, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197009151995031006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua : Ir. Surya Sebayang, M.T. 

Sekretaris : Ir. Andi Kusnadi M.M., M.T 

**Penguji
Bukan Pembimbing** : Hasti Riakara Husni S.T., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP. 196207171987031002 



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 November 2017

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul "*Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen pada Bata Beton Beragregat Bottom Ash*" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21-11-2017



Robby Chandra Hasyim

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Labuhan Maringgai, Lampung Timur pada tanggal 19 Agustus 1993, sebagai anak kelima dari lima bersaudara, dari Bapak Muhammad Hajat dan Siti Jeliyah.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SD Negeri 2 Sumur Batu Bandar Lampung pada tahun 1999 - 2005, Sekolah Menengah Pertama (SMP) ditempuh di SMP Negeri 23 Bandar Lampung pada tahun 2005 - 2008 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMA Negeri 6 Bandar Lampung pada tahun 2008 – 2011.

Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur tertulis. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai anggota divisi Kerohanian dan aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Taekwondo Universitas Lampung sebagai kepala Divisi Keperalatan. Pada tahun 2015 penulis melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan *Graving Dock* dan Pengembangan Dermaga Noahtu Bandar Lampung di Bandar Lampung selama 1 Bulan. Penulis juga telah mengikuti

Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Paku, Kelumbaian, Kabupaten Tanggamusselama 60 hari pada periode I, Januari – Maret 2016. Selama masa perkuliahan penulis diangkat menjadi Asisten Praktikum Teknologi bahan pada tahun 2016.

Karya tulis ini saya persembahkan untuk :

*Orangtua saya yang telah banyak
berkorban untuk masa depan saya...*

*Saudara² dan Sahabat yang telah memberi
bantuan, dukungan dan motivasi...*

Serta Almamater tercinta...

MOTTO HIDUP

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(Q.S. Al-Mujadalah : 11)

“Work for your worldly life as if you are living forever, and work for your hereafter as if you are dying tomorrow ”

(Prophet Muhammad PBUH)

“Do not ever complain about something, Allah has given the best to you”

(Robby Chandra Hasyim)

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul "*Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Bata Beton Beragregat Bottom Ash*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada :

1. Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
2. Gatot Eko S, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
3. Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, sumbangan pemikiran serta saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Ir. Andi Kusnadi, M.M., M.T. selaku Pembimbing Kedua dan Pembimbing Akademik atas kesediaan memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Hasti Riakara Husni S.T., M.T. selaku Penguji Utama yang telah memberikan kritik dan saran pemikiran dalam penyempurnaan skripsi;

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
7. Seluruh teknisi dan karyawan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian;
8. Kepala PLTU Tarahan beserta staff yang telah banyak membantu terkait pemberian bantuan material abu batubara;
9. Orang tua terkasih, Ibu Siti Jelijah dan Bapak Muhammad Hajat yang sangat sabar dan pengertian dalam memberikan dukungan, nasehat dan motivasi dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
10. Saudara-saudara kandungku tercinta yang turut memberikan semangat dalam menyelesaikan perkuliahan;
11. Sahabat seperjuangan, Kevin Lincolen, Andriyana dan Sholahuddin Triwidinata yang telah berbagi cerita suka dan duka selama menjalani perkuliahan;
12. Saudara dan saudari terdekat, Sakti Nurramadhani, Ian Saputra, Verry Agusta, Rahmadan Yugi Wiranata, Idham Widodo, S. Ayu Fitriana dan Tri Widiarti yang telah member motivasi, dukungan dan bantuan selama perkuliahan.
13. Saudara-saudara Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2012 yang berjuang bersama serta berbagi kenangan, pengalaman dan membuat kesan yang tak terlupakan, terimakasih atas kebersamaan kalian;

14. Saudara-saudara Unit Kegiatan Mahasiswa Taekwondo Unila yang telah menerima saya sebagai anggota keluarga dan memberikan saya pengalaman dan kenangan berharga dalam membangun silaturahmi antar mahasiswa.
15. Semua pihak yang telah membantu tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan satu per satu, semoga kita semua berhasil menggapai impian.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 2017

Penulis

Robby Chandra Hasyim

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. LatarBelakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pengertian Bata Beton.....	5
B. Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang.....	6
C. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Bata Beton Berlubang.....	9
D. Keuntungan dan Kerugian Bata Beton Berlubang.....	11
E. Bahan Baku Bata Beton Berlubang	13
1. <i>Abu Batu Bara</i>	13
2. <i>Semen</i>	19
3. <i>Agregat</i>	22
4. <i>Air</i>	24
F. Kuat Tekan Beton	25
G. Daya Serap Air.....	26
H. Penelitian Terdahulu	26
III. METODE PENELITIAN	29
A. Bahan	29
B. Peralatan	30
C. Variabel Penelitian	31
D. Pelaksanaan Penelitian.....	32
1. Pengadaan Bahan dan Peralatan	32
2. Pemeriksaan Bahan dan Peralatan	32
3. Proses Pembuatan Bata Beton Berlubang.....	33

4. Pengujian Kuat Tekan.....	35
5. Pengujian Serapan Air	36
6. Analisa Hasil Penelitian.....	37
E. Bagan Alir Penelitian.....	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Hasil Pengujian Material.....	39
B. Perancangan Campuran	41
C. Pengujian Bata Beton Berlubang.....	41
1. Pemeriksaan Tampak dan Dimensi.....	42
2. Pengujian Kuat Tekan.....	43
D. Serapan Air Bata Beton Berlubang.....	52
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN A	63
LAMPIRAN B	78
LAMPIRAN C	85
LAMPIRAN D.....	92
LAMPIRAN E	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bata Beton Berlubang	7
2. Cetakan Bata Beton.....	31
3. Tampak Atas Bata Beton	35
4. Tampak Samping Bata Beton	35
5. Pengujian Kuat Tekan	36
6. Bagan Alir Penelitian	38
7. Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Campuran <i>Fly Ash</i> umur 28 hari....	46
8. Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Campuran <i>Fly Ash</i> umur 56 hari....	49
9. Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Bata Beton.....	50
10. Hubungan Kuat Tekan dengan Daya Serap Air umur 28 hari	54
11. Hubungan Kuat Tekan dengan Daya Serap Air umur 56 hari	56
12. Hubungan Penyerapan Air dengan Variasi Campuran <i>Fly Ash</i>	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan Fisis Bata Beton Berlubang	8
2. Persyaratan Ukuran Standar dan Toleransi Bata Beton Berlubang	8
3. Unsur Senyawa Kimia dan Sifat Fisika pada <i>Fly Ash</i>	16
4. Analisis Kiiia <i>Fly Ash</i> Tarahan Provinsi Lampung	16
5. Syarat Fisika Khas <i>Bottom Ash</i>	18
6. Hasil Analisis <i>Bottom Ash</i>	19
7. Syarat Gradasi Pasir.....	24
8. Variabel Penelitian	31
9. Hasil Pemeriksaan Pengujian Bahan	40
10. Kebutuhan Material untuk 1m ³	41
11. Hasil Pengujian Dimensi dan Tampak Bata Beton	42
12. Kuat Tekan Bata Beton Berlubang Umur 28 hari	43
13. Kenaikan Kekuatan Bata Beton Berlubang Umur 28 hari	44
14. Kuat Tekan Bata Beton Berlubang Umur 56 hari	48
15. Kenaikan Kekuatan Bata Beton Berlubang Umur 28 hari	49
16. Kenaikan Kekuatan Bata Beton Berlubang dengan Variasi <i>Fly Ash</i>	51
17. Hasil Uji Serapan Air Umur 28 Hari	52
18. Kenaikan Kekuatan Bata Beton Berlubang Umur 28 hari	55

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang bruto
MPa	= Mega Pascal
Kg	= Kilogram
Cm	= sentimeter
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
	= Konstanta
%	= Persen

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertambahan penduduk di Indonesia dari tahun ketahun semakin meningkat. Meningkatnya pertambahan penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan pemukiman. Hal ini menjadi masalah akan perlunya pembangunan bangunan pemukiman sebagai tempat tinggal yang lebih meluas dengan kuantitas yang lebih besar. Dari masalah tersebut timbul masalah baru yaitu perlunya material untuk pembangunan yang lebih memadai dan lebih ekonomis karena tingkat kemiskinan di Indonesia masih relatif besar. Untuk membantu menyelesaikan masalah tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai bahan alternatif pengganti untuk material bangunan. Salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut adalah melakukan penelitian akan pengaruh abu terbang sebagai bahan pengikat semen pada bata beton beragregat *bottom ash*.

Bata beton adalah bahan bangunan dalam pembuatan dinding yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata dan difokuskan sebagai bahan konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural. Bata beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan

pembentuk yang berupa campuran pasir, air dan semen sebagai bahan pengikatnya.

Di Indonesia banyak sekali bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang terutama bahan ikatnya. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diusahakan adanya bahan ikat alternatif yang diperuntukkan pada bangunan struktural maupun non struktural.

Pemakaian abu terbang sendiri didasarkan atas beberapa alasan. Abu terbang merupakan limbah Industri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Diperkirakan setiap tahun dihasilkan ± 700.000 ton abu terbang (Hidayat, 1998). Melihat besarnya jumlah limbah yang dihasilkan tersebut maka perlu dilakukan pengendalian dan pemanfaatan akan limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai abu terbang sebagai bahan pengganti semen agar limbah tersebut dapat dimanfaatkan dan tidak mencemari lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan dalam latar belakang maka didapat rumusan masalah, yaitu ;

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu terbang sebagai bahan pengganti semen terhadap kekuatan dan daya serap air bata beton beragregat *bottom ash*?

2. Berapa persentase campuran *fly ash* untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, digunakan batasan-batasan masalah agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih spesifik dan tidak meluas dari topik yang akan dibahas. Batasan-batasan masalah tersebut antara lain:

1. Persentase campuran *bottom ash* sebagai pengganti pasir hanya sebesar 25% dari keseluruhan agregat halus yang diperlukan.
2. Mutu bata beton rencana, mutu II (45 kg/cm^2)
3. *Bottom ash* dan *fly ash* berasal dari PLTU Tarahan, Lampung Selatan.
4. Variable penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada campuran adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80%.
5. Semen yang digunakan adalah semen PCC merek Holcim.
6. Pengujian bata beton yang akan dilakukan setelah bata beton berumur 28 dan 56 hari
7. Perencanaan perbandingan antara semen dan agregat halus adalah 1:5 dan faktor air semen rencana sebesar 0,46.
8. Pengujian dilakukan saat umur beton 28 dan 56 hari. Uji yang dilakukan adalah uji kuat tekan dan daya serap air.

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penambahan abu terbang sebagai bahan pengganti semen pada bata beton beragregat *bottom ash* terhadap kekuatan dan daya serap air bata beton berlubang.
2. Mengetahui persentase optimum campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada bata beton berlubang beragregat *bottom ash*.
3. Mengetahui apakah *fly ash* dan *bottom ash* efektif digunakan secara bersamaan sebagai bahan campuran beton.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Produksi limbah abu terbang dapat dikendalikan dan dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti semen pada bata beton beragregat *bottom ash*.
2. Mengetahui pengaruh abu terbang sebagai bahan pengikat pengganti semen pada bata beton beragregat *bottom ash*.
3. Menambah pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan abu terbang sebagai bahan pengganti semen.
4. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Bata Beton

Bata beton merupakan salah satu bahan bangunan berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar, dengan bahan pembentuk berupa campuran dari semen, agregat halus, air dan bahan tambahan lainnya. Bata beton ini cukup kuat dan dapat disusun lima kali lebih cepat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Fungsi bata beton itu sendiri pada struktur bangunan adalah sebagai pengaku kolom dan menahan beban lateral. Keunggulan yang lain dari dinding bata beton yaitu dapat meredam panas dan suara. Bata beton dapat dibagi atas dua jenis (SK SNI 03- 0349-1989), yaitu:

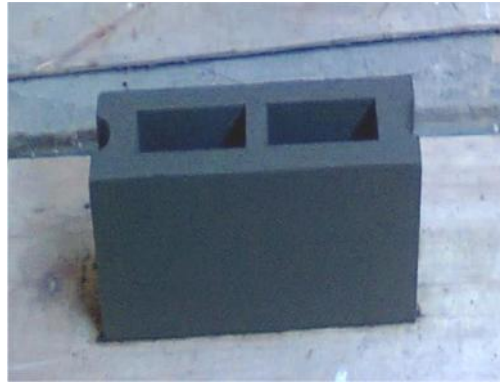
1. Bata beton berlubang yaitu bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25% volume batanya.
2. Bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih luas penampang seluruhnya, dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya.

Bahan bangunan bukan logam dalam persyaratan mutu batu cetak adalah sebagai berikut (SK SNI S-04-1989-F):

1. Sifat tampak, bata beton harus mempunyai bentuk yang sempurna tidak terdapat retak-retak dan cacat bagian sudut dan rusaknya tidak mudah dirapuhkan dengan jari tangan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap lainnya.
2. Bentuk dan ukuran, berbagai bentuk dan ukuran bata beton yang terdapat di pasaran tergantung dari produsennya. Biasanya setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam *leaflet* mengenai bentuk, ukuran dan daya dukung serta konstruksi pemasangan.

B. Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang

Komposisi penyusunan bata beton sangat mempengaruhi kekuatan dari bata beton itu sendiri, antara lain seperti jenis semen dan pasir yang dipakai, dan perbandingan jumlah semen terhadap agregat dan air. Bata beton berlubang seperti yang terlihat pada Gambar 1 dikatakan baik jika masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi (Haryanto, 2011).



Gambar 1. Bata beton berlubang

Menurut SNI 03-0349-1989 mutu bata beton pejal maupun berlubang diklasifikasikan menjadi 4 jenis mutu :

- Tingkat mutu I (kuat tekan 70 kg/cm^2)
- Tingkat mutu II (kuat tekan 50 kg/cm^2)
- Tingkat mutu III (kuat tekan 35 kg/cm^2)
- Tingkat mutu IV (kuat tekan 20 kg/cm^2)

Berikut ini penjelasan dari Bata Beton mutu I sampai mutu IV :

1. Bata beton berlubang mutu I adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).
2. Bata beton berlubang mutu II adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).
3. Bata beton berlubang mutu III adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang terlindung dari hujan dan terik matahari, tetapi permukaan dinding dari bata tersebut boleh tidak diplester (di bawah atap).

4. Bata beton berlubang mutu IV adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan di bawah atap).

Persyaratan fisis bata beton berlubang menurut SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 1. sedangkan persyaratan ukuran standar dan toleransi bata beton berlubang, dapat dilihat pada Tabel 2. .

Tabel 1. Persyaratan fisis bata beton berlubang

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto* rata-rata minimum	MPa	7	5	3,5	2
	Kg/cm ²	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum	MPa	6,5	4,5	3	1,7
	Kg/cm ²	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-

*) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Tabel 2. Persyaratan ukuran standar dan toleransi bata beton berlubang

Jenis	Ukuran + Toleransi (mm)			Tebal dinding sekat lubang, minimum (mm)	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Kecil	400 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 2	20	15
Besar	400 + 3 - 5	190 + 3 - 5	200 ± 2	25	20

C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Bata Beton Berlubang

Agar didapat mutu batako yang memenuhi syarat SNI banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi mutu batako tergantung pada: faktor air semen (f. a. s), umur batako, kepadatan batako, bentuk dan tekstur agregat, ukuran agregat dan lain-lain.

1. Faktor air semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan. Pada dasarnya semen memerlukan jumlah air sebesar 32% berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila kurang dari 40% berat semen maka reaksi kimia tidak selesai dengan sempurna. Jika kondisi seperti ini dipaksakan akan mengakibatkan kekuatan batako berkurang. Jadi air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan untuk memudahkan pembuatan batako, nilai f. a. s pada pembuatan dibuat pada kondisi adukan lengas tanah, karena adukan dapat dipadatkan secara optimal. Disini tidak dipakai patokan angka f. a. s. dan diasumsikan berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan.

2. Sifat agregat

a. Kekerasan agregat

Bata beton berlubang memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi, untuk itu diperlukan pula penggunaan agregat yang memiliki kekerasan yang tinggi pula. Kekerasan agregat bergantung pada kandungan silikanya, maka semakin tinggi kandungan silika yang ada pada agregat, semakin keras pula agregat tersebut.

b. Susunan besar butir agregat

Dalam pembuatan bata beton berlubang agregat yang digunakan haruslah tersusun dari berbagai macam ukuran (ukuran butir agregat tidak sama). Hal ini dapat mengurangi penggunaan air dan semen dalam pembuatannya, karena celah antar butiran yang agak besar dapat terisi oleh butiran yang lebih kecil. Ukuran butiran yang diperlukan adalah yang lebih besar dari saringan nomor 200 (0,074 mm).

c. Kebersihan agregat

Kebersihan agregat sangat penting untuk diperhatikan, agregat tidak boleh mengandung zat organik, garam sulfat, lemak, lumpur dan sebagainya. Bahan organik dan lemak yang berlebihan dapat menghambat pengikatan semen dan agregat selain itu dapat menurunkan kekuatan bata beton. Sedangkan garam sulfat yang berlebih dapat menyebabkan keretakan pada bata beton berlubang.

3. Umur bata beton berlubang

Seiring dengan bertambahnya umur bata beton berlubang, maka kuat tekannya pun bertambah tinggi. Sebagai standar kekuatan bata beton berlubang dipakai kekuatan pada umur 28 hari. Apabila diinginkan untuk mengetahui kekuatan bata beton berlubang pada umur 28 hari, maka dapat dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3 atau 7 hari dan hasilnya dapat dikalikan dengan faktor tertentu untuk mendapatkan perkiraan kuat tekan bata beton berlubang pada umur 28 hari.

4. Kepadatan bata beton berlubang

Kepadatan bata beton berlubang mempengaruhi kekuatannya, maka campurannya harus dibuat sepadat mungkin. Adanya kepadatan yang lebih ini dapat memungkinkan bahan menjadi semakin keras, serta untuk membantu merekatnya bahan campuran pembuatan bata beton berlubang dengan semen yang dibantu dengan air.

D. Keuntungan dan Kerugian dari Bata Beton Berlubang

Bata beton berlubang merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai pasangan dinding. Dalam pemakaiannya bata beton berlubang mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

1. Plesteran

Dinding bata beton berlubang umumnya tidak diplester. Dengan perencanaan dan pemasangan yang baik dan mengikuti ketentuan-ketentuan pemasangan yang benar, maka akan memperoleh suatu arsitektural yang menarik.

2. Adukan

Penghematan adukan sekitar 40% s/d 50%

3. Waktu pemasangan

Pemasangan bata beton berlubang umumnya memberikan penghematan waktu sampai 50% atau lebih dibandingkan dengan bata merah

4. Berat sendiri

Bata beton berlubang menyebabkan berat sendiri konstruksi berkurang hingga 30% s/d 40% dibandingkan dengan bata merah.

5. Rongga saluran

Rongga-rongga pada bata beton dapat dimanfaatkan untuk penempatan pipa air dan kabel listrik untuk segala arah menurut rencana dinding. Saluran juga dapat dipindahkan dan diperbaiki tanpa merusak dinding.

6. Tahan terhadap api

Bata beton berlubang sudah terkenal dengan sifatnya yang tahan terhadap api (*fire resistant*)

7. Penyekatan rambatan udara

Dinding batako dapat menyekat perambatan udara dengan baik. Sehingga dapat menciptakan suatu ruangan yang kondusif.

Sedangkan kerugian pemakaian bata beton berlubang adalah sebagai berikut (IK. Supribadi, 1986 dalam Wijanarko, 2008) :

1. Proses pengerasan yang memerlukan waktu cukup lama , sehingga memerlukan waktu penyimpanan yang lama sebelum bata beton digunakan.
2. Jika diinginkan proses pengerasan yang lebih cepat, memerlukan penambahan semen sehingga memerlukan biaya yang lebih.
3. Karena ukuran yang cukup besar dan proses pengerasan yang cukup lama, membuat pengangkutan bata beton tersebut banyak terjadi kerusakan.

E. Bahan Baku Pembuatan Bata Beton Berlubang

Kualitas dan mutu bata beton berlubang sangat ditentukan oleh bahan-bahan dasar pembuatan bata beton tersebut dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan dasarnya, komposisi campuran yang baik, dan proses percetakan yang baik maka akan menghasilkan bata beton yang berkualitas baik pula.

Dalam perkembangan susunan bahan bata beton, berbagai variasi telah banyak dilakukan pada banyak penelitian. Sehingga bahan susun bata beton berlubang tidak hanya terdiri dari pasir dan semen saja namun terdapat bahan tambahan atau bahan pengganti dari bahan dasar tersebut.

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

1. Abu batu bara

Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) 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*) Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10 - 20 % abu dasar, sedang sisanya sekitar 80 -90 % berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong.

a. abu terbang (*fly ash*)

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan Karbon.

Karakteristik *Fly ash* :

- Dari segi gradasinya, jumlah persentase yang lolos dari saringan No. 200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%.
- Warna dari *fly ash* dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya.
- *Fly ash* bersifat tahan air (*hydrophobic*) (Retnosari, 2013).

Fly ash mempunyai butiran yang cukup halus yaitu lolos ayakan 325 (45 mili micron) 5% dengan *specific gravity* antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun. (Alfred, Lusitania & Hendrikus, 2013)

Ada beberapa jenis *fly ash* menurut SNI S-15-1990-F tentang spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu batubara (*fly ash*) digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

- Kelas N

Buangan atau pozzolan alam terkalsinasi yang dipenuhi dengan kebutuhan yang memenuhi syarat yang dapat dipakai sesuai kelasnya, seperti beberapa tanah *diatomaceous*, *opalinse chert* dan serpihan-serpihan *tuff* dan debu-debu vulkanik atau *pumicities*, dan bahan-bahan lainnya yang mungkin masih belum terproses oleh kalsinasi dan berbagai material yang memerlukan kalsinasi untuk memperoleh sifat-sifat yang memuaskan, misalnya beberapa jenis tanah liat dan serpihan-serpihan.

- Kelas F

Abu batubara yang umumnya diproduksi dari pembakaran *anthracite* (batubara keras yang mengkilat) atau bitumen-bitumen batubara yang memenuhi syarat-syarat yang dapat dipakai untuk kelas ini seperti yang disyaratkan. Abu batubara jenis ini memiliki sifat *Pozzolanic*.

- Kelas C

Abu batubara yang umumnya diproduksi dari *lignite* atau batubara subbitumen yang memenuhi syarat yang dapat dipakai untuk kelas ini seperti yang disyaratkan. Abu batubara kelas ini, selain memiliki sifat pozzolan juga memiliki beberapa sifat yang lebih menyerupai semen.

Adapun susunan kimia dan sifat fisik abu batubara menurut ASTM C 618 – 91 (Mustain, 2006), ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Unsur senyawa kimia dan sifat fisika pada *fly ash* (Sumber: Andriati Amir Husin)

Susunan kimia dan fisika	Kelas F (%)	Kelas C (%)
Silikon dioksida, min	54,90	39,90
Sulfur trioksida, max	5,0	5,0
Kadar air, max	3,0	3,0
Hilang pijar, max	6,0	6,0
Na ₂ O, max	1,5	1,5

Tabel 4. Analisis kimia *fly ash* Tarahan Provinsi Lampung

(Sumber: Hasil Laboratorium PT. Sucofindo)

Susunan kimia dan fisika	Nilai (%)
Si O ₂	61,55
Al ₂ O ₃	22,31
MgO	0,52
SO ₃	2,56
Na ₂ O	1,86

Dari tabel dan data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa *fly ash* yang berasal dari Tarahan Provinsi Lampung merupakan kelas F, karena silikon dioksida pada Tarahan Provinsi Lampung bernilai 61,55 % sedangkan pada literatur yang ada nilai silikon dioksida *fly ash* jenis F adalah minimum 54,90%. Dan *fly ash* dari Tarahan ini

berasal dari batubara keras yang mengkilat (*anthracite*) sesuai dengan jenis *fly ash* kelas F menurut SNI S- 15-1990-F.

b. *Bottom ash*

Bottom ash merupakan bagian yang tidak terbakar dari batubara atau material lain, pada umumnya *bottom ash* menempel pada bagian bawah atau dinding dari tungku pembakaran yang ditemukan setelah proses pembakaran (wikipedia, 2012).

Bottom ash dikenal sebagai salah satu alternatif *filler* yang digunakan dalam pembuatan aspal beton. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa *bottom ash* memiliki kandungan silika dan kadar oksida yang merupakan mineral dasar yang dapat digunakan dalam pembuatan campuran semen. Dari segi ekonomi, material ini dapat memperkecil biaya produksi karena harga material semen dapat ditekan dengan menggantinya menggunakan material *bottom ash*.

Bottom ash mempunyai butiran partikel yang cukup berat untuk dapat melayang di udara seperti *fly ash*, sehingga *bottom ash* jatuh pada tungku pembakaran. Terdapat dua jenis tungku perapian yang digunakan untuk pembakaran batubara, yaitu tungku perapian jenis kering dan basah. Setiap jenis tungku perapian menghasilkan *bottom ash* yang berbeda (Sunarko & Manuel, 2011).

- Karakteristik fisik

Bottom ash memiliki butiran partikel sangat berpori pada permukaannya. Butiran partikel *bottom ash* mempunyai batasan dari kerikil sampai pasir. Variasi ukuran partikel *bottom ash* biasanya 50% - 90% lolos pada saringan 4,75 mm (No. 4), 10% - 60% lolos saringan 0,6 mm (No. 40), 0% - 10% lolos saringan 0,075 mm (No. 200), dan ukuran paling besar berkisar antara 19 mm (3/4 in) sampai 38,1 mm (1-1/2 in) (Sutrisno, 2005 dalam Puspitasari, 2013). Sifat fisik *bottom ash* berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *wet* dan *dry bottom ash* dapat kita lihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat fisik khas dari *bottom ash*

Sifat fisik <i>bottom ash</i>	<i>Wet</i>	<i>Dry</i>
Bentuk	Angular / bersiku	Berbutir kecil / granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran	No. 4 (90-100%)	1,5 s/d ¾ in (100%)
(% lolos ayakan)	No. 10 (40-60%)	No. 4 (50-90%)
	No. 40 (10%)	No. 10 (10-60%)
	No. 200 (5%)	No. 40 (0-10%)
<i>Specific gravity</i>	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
<i>Dry Unit Weight</i>	960 – 1440 kg/m ³	720 – 1600 kg/m ³
Penyerapan	0,3 – 1,1 %	0,8 – 2,0 %

Sumber: *Coal bottom ash/boiler slag-material description*, 2000 (Santoso, 2003).

- Karakteristik kimia

Komposisi kimia dari *bottom ash* sebagian besar terdiri dari silika, alumina dan besi dengan sedikit magnesium, kalsium, sulfat dan unsur kimia lain yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis *bottom ash*

Senyawa kimia	Persentase kadar (%)
SiO ₃	26,98
Al ₂ O ₃	39,40
Fe ₂ O ₃	10,62
CaO	0,63
MgO	0,56
Na ₂ O	0,15
SO ₃	0,59

Sumber: Balai penelitian pengembangan industri Surabaya (Santono, 2003).

Keuntungan dari pemakaian beton dengan *bottom ash* adalah dapat mengurangi berat jenisnya sehingga lebih ringan dan lebih cocok apabila dipakai untuk konstruksi yang non struktural (Hartanto & Pratomo, 2011).

2. Semen

Semen adalah bahan-bahan yang memperlihatkan sifat-sifat karakteristik mengenai pengikatan serta pengerasannya jika dicampur dengan air, sehingga terbentuk pasta semen. Tujuan dari penggunaan semen adalah mencampurkan butir-butir batu sedemikian sehingga menjadi massa yang padat. Penggunaannya antara lain adalah untuk pembuatan beton, adukan untuk beton dan barang-barang lain.

Fungsi semen secara umum adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras (Tjokrodinuljo, 1996).

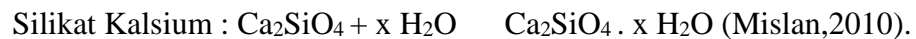
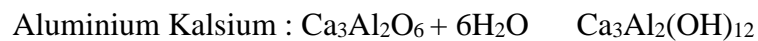
Semen yang beredar di pasaran harus memenuhi standar tertentu untuk menjamin konsistensi mutu dan kualifikasi produk. SNI merupakan standar yang wajib dijadikan acuan untuk semen yang dipasarkan di seluruh wilayah Indonesia. Jenis semen yang beredar di pasaran meliputi semen Portland Putih, semen Portland mengacu pada SNI 15-2049-2004, semen Portland Komposit mengacu pada SNI 15-7064-2004 dan semen Portland Pozolan mengacu pada SNI 15-0302-2004. Standar Nasional Indonesia membagi semen Portland menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Tipe I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Jenis II, yaitu semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu :

- a. Semen non-hidrolik , tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air akan tetapi dapat mengikat dan mengeras di udara. Contoh : kapur tohor, aspal, gypsum.
- b. Semen hidrolik, mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh : semen Portland, semen Terak, semen alam. Semen yang digunakan untuk campuran beton ini adalah semen Portland yang merupakan campuran Silikat Kalsium dan Aluminium Kalsium yang dapat berhidrasi bila terdapat air (semen tidak mengeras karena pengeringan tetapi oleh reaksi hidrasi kimia yang melepaskan panas).

Reaksi hidrasi kimia :



Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Apabila semen dicampur dengan air dan membentuk suatu adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras sampai menjadi padat. Proses ini dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan. Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekakuan yang cukup untuk memikul suatu tekan tertentu yang diberikan, setelah itu ia akan berproses terus untuk suatu jangka waktu yang cukup lama hingga mengeras, yaitu

untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Air di dalam adukan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk suatu koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volume dan kekakuannya.

3. Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan (Wikipedia, 2016).

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Hampir sebanyak 70 - 75% volume beton ditempati oleh agregat, sehingga agregat menjadi suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat tahan lama dan ekonomis.

Berdasarkan asal pembentukannya agregat diklasifikasikan kedalam batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Sedangkan berdasarkan proses pengolahannya agregat digolongkan menjadi 2 (dua) macam, yaitu agregat alam dan agregat buatan.

a. Agregat alam

Agregat alam merupakan agregat yang bentuknya alami, terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Agregat yang terbentuk dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, sedangkan agregat yang

terbentuk dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaannya kasar.

Permintaan akan agregat alam yang berbentuk kubus atau bersudut, mempunyai permukaan kasar, dan bergradasi baik yang semakin banyak tidak mungkin seluruhnya dapat dipenuhi oleh degradasi alami. Oleh karena itu, agregat alam juga dapat dibentuk dengan cara pengolahan. Penggunaan alat pemecah batu (*crusher stone*) yang terkontrol dapat membentuk agregat sesuai bentuk yang dibutuhkan. Terutama untuk pembangunan jalan. Agregat alam yang berasal dari tempat terbuka disebut pitrun, sedangkan yang berasal dari tempat tertutup disebut bankrun.

b. Agregat buatan

Agregat buatan merupakan agregat yang berasal dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu. Agregat buatan sering disebut *filler* (material yang berukuran lebih kecil dari 0,075 mm).

Dalam pembuatan bata beton berlubang, pasir yang digunakan harus bermutu baik sesuai dengan persyaratan menurut SK SNI 04-1989- F, diantaranya yaitu:

- a. Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.

- c. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat.
- d. Pasir tidak boleh mengandungi bahan-bahan organik terlalu banyak.
- e. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.

Dilihat dari syarat batas gradasinya, agregat halus (pasir) dibagi menjadi empat zona seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. di bawah ini (Prakoso, 2006)

Tabel 7. Syarat gradasi pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	100	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Sumber : Teknologi Beton (Samekto & Rahmadiyanto, 2003).

4. Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan bata beton berlubang. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antar butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan bata

beton berlubang akan rendah.

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F air untuk campuran beton harus memenuhi syarat :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur minyak dan benda terapan lain yang bisa dilihat secara visual.
- c. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam organik) lebih dari 15gram/liter.
- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- f. Tidak mengandung *chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

F. Kuat Tekan

Kuat tekan (*compressive strength*) batako merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan bahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut.

Menurut SNI 03-0691-1996 besarnya kuat tekan batako dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P \max}{A}$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan (N/m²)

P = Gaya maksimum (N)

A = Luas permukaan (m²)

G. Daya Serap Air

Besar kecilnya penyerapan air oleh beton sangat dipengaruhi oleh pori atau rongga yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam beton maka akan semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang. Rongga (pori) yang terdapat pada beton terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material penyusunnya. Pengaruh rasio yang terlalu besar dapat menyebabkan rongga, karena terdapat air yang tidak bereaksi dan kemudian menguap dan meninggalkan rongga.

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai bata beton yang dicampur dengan limbah abu batubara baik *fly ash* maupun *bottom ash* telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Ayu Agung Puspitasari (2013) meneliti optimasi kuat tekan dan daya serap air dari pembuatan bata beton dengan pemanfaatan abu dasar (*bottom ash*). Dari hasil penelitiannya diperoleh kesimpulan Bata beton berlubang dengan komposisi *bottom ash* sebesar 25% dari berat pasir, menghasilkan kuat tekan optimum, yakni 45,46 kg/cm² untuk umur 28 hari dan 48,58 kg/cm² untuk umur 56 hari. Kedua bata beton berlubang tersebut mencapai mutu II. Penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian pasir sebanyak 25% dari berat pasir merupakan penggunaan bahan yang optimum.

Dion Stefanus Haryanto (2011) meneliti pemanfaatan *bottom ash* sebagai material konstruksi dalam pembuatan bata beton berlubang untuk dinding. Dari penelitiannya ini diperoleh kesimpulan bahwa penggantian *bottom ash* yang paling optimum sebesar 10 % dari berat pasir, dimana bata beton berlubang yang dihasilkan dapat dikategorikan ke dalam mutu IV, dan untuk hasil uji penyerapan air, bata beton berlubang yang dibuat masuk ke dalam mutu I.

Mislan (2010) meneliti pengaruh metoda pemanfaatan limbah abu batu bara, kulit kerang dan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen dan pasir dalam pembuatan batako. Dari hasil penelitiannya diperoleh kesimpulan bahwa semen yang disubstitusi dengan abu batu bara dan kulit kerang paling efektif adalah 20% dari berat semen dan mengalami penurunan jika lebih dari 20% dengan kuat tekan yang didapat sebesar 83 kg/m² dengan nilai serapan air sebesar 18%.

Andy Hartanto dan Andrew Pratomo (2011) meneliti pengaruh metoda perawatan batako berlubang yang memanfaatkan *fly ash* dan *bottom ash*. Dari hasil penelitiannya diperoleh kesimpulan bahwa didapati komposisi optimum kadar pemakaian *fly ash* 30,72 % berat semen, *bottom ash* 24,32 % berat pasir, serta perbandingan berat semen : pasir yaitu 1 : 8,75. Perawatan siram 1 kali/hari sampai umur 28 hari, diperoleh kuat tekan 53,83 kg/cm² lebih besar dari metoda perawatan lainnya.

Wisnu Wijanarko (2009) meneliti analisis bahan jerami padi dalam bentuk *block* atau kotak sebagai bahan pengisi batako tidak berlubang. Dari hasil

penelitiannya kuat tekan maksimum yang diperoleh dari analisis regresi *curve estimation* model *qubic* sebesar 1,507 Mpa dengan presentase penambahan jerami padi sebesar 7,801% yang terdapat pada penambahan jerami padi dengan ukuran 5×5×25 cm.

Misbachul Munir (2008) meneliti tentang pemanfaatan abu batubara (*fly ash*) untuk *hollow block* yang bermutu dan aman bagi lingkungan. Dari hasil penelitiannya diperoleh kesimpulan bahwa proporsi limbah batubara (*fly ash*) optimum sebesar 10 % dari berat agregat halus dengan nilai kuat tekan sebesar 67,7kg/cm².

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Semen Portland komposit, dalam penelitian ini semen Portland yang digunakan adalah semen merk Holcim.
2. Pasir. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Way Seputih, daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah.
3. Air bersih. Air bersih yang digunakan dalam penelitian adalah air yang berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.
4. *Bottom ash* (abu dasar) batubara. Bahan campuran ini didapat dari PLTU Tarahan Lampung.
5. *Fly ash* (abu terbang) batubara. Bahan campuran ini didapat dari PLTU Tarahan Lampung.

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Satu set saringan

Alat ini dalam melakukan penelitian digunakan untuk menentukan modulus kehalusan butir agregat. Saringan yang dipakai dalam melakukan penelitian ini antara lain saringan dengan ukuran 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm dan pan.

2. Timbangan

Timbangan yang digunakan yaitu timbangan beton dengan kapasitas 50 kg dengan ketelitian 10 gr dan timbangan berkapasitas 12 kg dengan ketelitian 1 gr yang digunakan untuk mengukur bahan campuran bata beton berlubang.

3. Oven

Dalam penelitian, alat ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan dimana dibutuhkan kondisi kering pada bahan yang digunakan untuk pengujian.

4. Piknometer

Alat ini digunakan untuk mengukur berat jenis pasir, *bottom ash* dan *fly ash* yang digunakan.

5. Cetakan bata beton

Cetakan bata beton dengan ukuran 10 x 20 x 40 cm untuk mencetak benda uji.



Gambar 2. Cetakan bata beton bertulang

6. Mesin uji tekan (*compression testing machine*)

Alat ini digunakan untuk menguji kuat tekan pada bata beton berlubang.

7. Alat bantu lainnya

Alat bantu lainnya yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; sendok semen, mistar, jangka sorong dan *container*.

C. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini sampel yang diteliti adalah bata beton berlubang dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dan daya serap air yang dilakukan dua kali pada sampel, yaitu pada umur 28 dan 56 hari. Perencanaan perbandingan antara semen dan agregat halus adalah 1:5 dan faktor air rencana sebesar 0,46.

Tabel 8. Variabel Penelitian

Kode	Fas	Komposisi Campuran				Macam Pengujian, Umur Bata Beton, dan Jumlah Benda Uji	
Sampel		Pc	Fly ash (%)	Pasir	Bottom ash (%)	Uji Kuat Tekan & Serapan Air	
						28 hari	56 Hari
BB0BA	0,46	1	0	5	25	4	4
BB20BA	0,46	1	20	5	25	4	4
BB40BA	0,46	1	40	5	25	4	4
BB60BA	0,46	1	60	5	25	4	4
BB80BA	0,56	1	80	5	25	4	4

D. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Ada beberapa tahap dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain ; pengadaan alat dan bahan, pemeriksaan bahan penyusun bata beton, proses pembuatan bata beton berlubang, perawatan (*curing time*) serta pemeliharaan benda uji, pelaksanaan pengujian benda uji dan analisis hasil penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain :

D.1 Pengadaan Alat dan Bahan

Sebelum penelitian ini dilakukan, bahan dan peralatan yang digunakan dipersiapkan terlebih dahulu. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bata beton berlubang adalah semen, pasir, *bottom ash* dan *fly ash* dari PLTU Tarahan Lampung dan air bersih yang didapat di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Lampung. Setelah semua dipersiapkan maka dapat dilakukan pengujian pada bahan material-material tsb.

D.2 Pemeriksaan Bahan

1) Pasir

Pemeriksaan yang dilakukan pada material ini antara lain :

- a. Pemeriksaan berat jenis.
- b. Pemeriksaan volume berat.
- c. Pemeriksaan gradasi pasir (analisis saringan)
- d. Pemeriksaan kadar lumpur.
- e. Pemeriksaan kadar air.

2) Semen

Pemeriksaan yang dilakukan pada material ini adalah dengan cara memeriksa keadaan semen harus tertutup rapat dan pada saat dibuka pastikan tidak adanya gumpalan serta butirannya halus. Juga melakukan pemeriksaan berat jenis.

3) Air

Pemeriksaan air juga dilakukan secara visual, dimana air harus dalam keadaan bersih, tidak terkandung lumpur, minyak dan garam sesuai persyaratan untuk air minum.

4) Abu dasar (*bottom ash*)

Peeriksaan abu dasar (*bottom ash*) dilakukan secara visual, *bottom ash* harus berwarna gelap, melakukan pemeriksaan gradasi *bottom ash*, berat jenis dan berat volume.

5) Abu terbang (*fly ash*)

Pemeriksaan abu terbang (*fly ash*) dilakukan secara visual , abu layang harus berwarna kelabu dan memiliki butir halus. Juga melakukan pemeriksaan berat jenis.

D.3 Proses Pembuatan Bata Beton Berlubang

1) Persiapan bahan susun bata beton berlubang

- a. Menimbang bahan-bahan penyusun bata beton berlubang seperti semen, pasir, *bottom ash*, *fly ash* dan air sesuai dengan berat yang ditentukan dalam perencanaan bata beton berlubang.

- b. Mempersiapkan bahan cetak benda uji dan peralatan-peralatan lain yang dibutuhkan.

2) Pengadukan campuran bata beton berlubang

Mencampurkan bahan-bahan penyusun bata beton berlubang yaitu agregat, bahan ikat (semen portland), abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*) dalam keadaan kering. Hal ini dilakukan agar pencampuran bahan-bahan tersebut dapat lebih homogen, sehingga dapat diperoleh hasil yang maksimal. Dilanjutkan dengan mencampurkan air yang dibutuhkan ke dalam bahan-bahan tersebut. Pengadukan dilakukan satu kali untuk setiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan.

3) Pembuatan benda uji

- a. Memasukkan adukan bata beton ke dalam cetakan yang sebelumnya telah diberikan minyak pelumas.
- b. Mengisi cetakan dengan adukan bata beton sampai penuh kemudian dipres. Permukaan cetakan harus benar-benar rata terisi oleh adukan bata beton. Proses pemadatan bata beton berlubang dilakukan dengan cara ditumbuk sebanyak 200 – 300 untuk setiap lapisan.
- c. Setelah dipres bata beton bisa dapat dikeluarkan dari cetakan lalu biarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam bata beton dapat diangkat dan diletakkan di area penyimpanan serta perawatan selama 28 hari dan selama 56 hari.

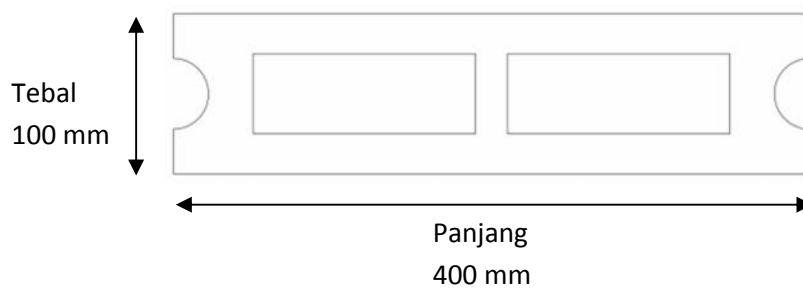
4) Perawatan dan pemeliharaan

Perawatan bata beton dilakukan selama 28 hari dan 56 hari. Bata beton berlubang disimpan di ruang dengan kondisi yang lembab dan disiram air

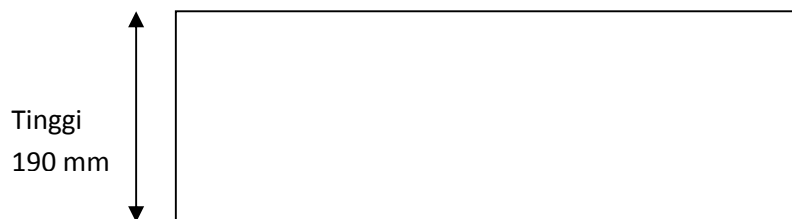
satu kali selama masa perawatan untuk memperlambat proses penguapan air yang ada dalam bata beton.

D.4 Pengujian Kuat Tekan

- 1) Mengangkat benda uji dari tempat perawatan
- 2) Melakukan pengukuran dimensi pada benda uji

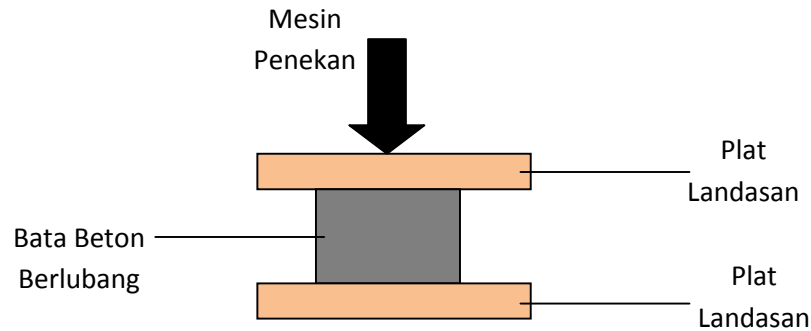


Gambar 3. Tampak Atas Bata Beton Berlubang



Gambar 4. Tampak Samping Bata Beton Berlubang

- 3) Meletakkan benda uji pada mesin penekan, dimana bagian atas dan bawah benda uji diletakkan pelat kayu atau pelat besi sebagai landasan. Kemudian menekan benda uji tersebut dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji pecah.



Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan

- 4) Mencatat dan menghitung besarnya gaya tekan maksimum, lalu dihitung kuat tekan rata-rata benda uji. Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat Tekan (kg/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A} \quad \text{..... (1)}$$

Dimana : P = Beban maksimum (kg)

A = Luas bruto permukaan bata beton berlubang (cm²)

Luas Bruto dapat dicari dengan rumus : $A = t \times p$

Dimana : t = tebal penampang bata beton

p = panjang penampang bata beton

D.5 Pengujian Serapan Air Bata Beton Berlubang

- 1) Bata beton yang telah berumur 28 atau 56 hari dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° C selama 24 jam.
- 2) Setelah 24 jam bata beton dikeluarkan dan didinginkan
- 3) Bata beton kering oven di catat beratnya (W_1)
- 4) Setelah dicatat, rendam benda uji tersebut selama 24 jam
- 5) setelah direndam benda uji diangkat dan lap permukaan bata beton hingga benda uji dalam keadaan kering permukaan lalu catat beratnya (W_2)

Besarnya penyerapan air dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

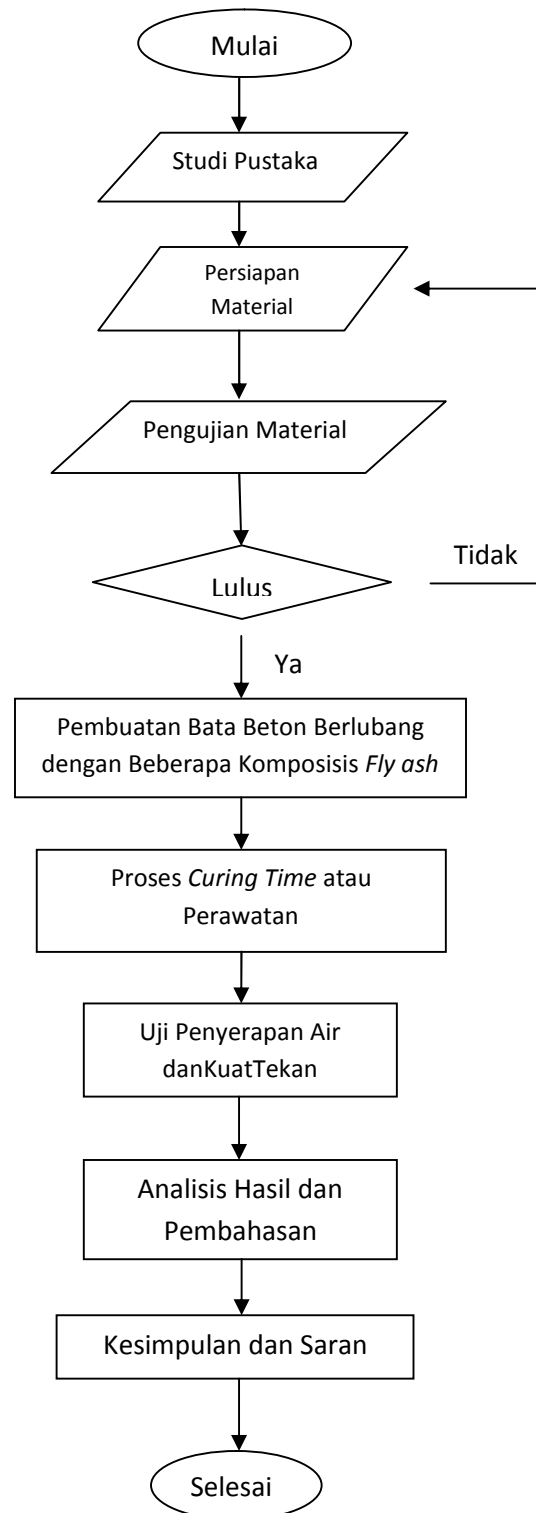
Dimana : W_1 = Berat bata beton dalam kondisi kering oven (kg)

W_2 = Berat bata beton dalam kondisi basah (kg)

D.6. Analisis Hasil Penelitian

- 1) Menghitung kuat tekan beton menggunakan persamaan 1 dan menyajikannya dalam bentuk tabel.
- 2) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari variable yang digunakan terhadap kuat tekan bata beton dengan persentase komposisi material *fly ash* yang bervariasi dan menyajikannya dalam bentuk grafik.
- 3) Menghitung besarnya penyerapan air pada bata beton berlubang dengan persamaan 2 dan menyajikannya dalam bentuk tabel.
- 4) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari table terhadap hubungan serapan air dengan persentase komposisi *fly ash* yang bervariasi dan menyajikannya dalam bentuk grafik.
- 5) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari variable yang digunakan terhadap perkembangan kekuatan bata beton berlubang selama 28 dan 56 hari dengan penambahan *fly ash* pada komposisi campurannya.

D.7. Bagan Alir Penelitian



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, sesuai dengan ketentuan SNI 03-0349-1989, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kuat tekan bata beton optimum didapat pada variasi campuran *fly ash* 20% sebagai bahan pengganti semen, dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar $33,3 \text{ kg/cm}^2$ pada umur 28 hari dan $41,34 \text{ kg/cm}^2$ pada umur 56 hari. Kuat tekan ini masuk dalam kualifikasi bata beton mutu III. Sedangkan daya serap setiap proporsi substitusi memenuhi persyaratan daya serap bata beton berlubang SNI 03-0349-1989 yaitu tidak melebihi 25%.
2. Bata beton berlubang dengan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen pada bata beton beragregat *bottom ash* mampu menghasilkan kuat tekan yang melebihi bata beton berlubang tanpa penggunaan *fly ash* pada komposisi campurannya.
3. Nilai serapan air dalam bata beton berlubang dipengaruhi oleh nilai kuat tekannya. Bata beton dengan nilai kuat tekan yang tinggi memiliki kepadatan yang baik, sehingga akan menghasilkan volume rongga yang sedikit, semakin sedikit rongga di dalam bata beton, menyebabkan nilai kuat tekan bata beton menjadi tinggi.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan beberapa saran, antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai pemanfaatan *fly ash* dalam bata beton berlubang untuk bahan konstruksi lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian yang lebih rinci mengenai variasi penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen. Yaitu untuk variasi 20% sampai 40%, dengan begitu akan didapat nilai kuat tekan yang lebih optimal.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bata beton berlubang yang memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan campuran pada komposisinya menggunakan metode pemadatan dengan mesin, karena pada penelitian ini metode pemadatan yang digunakan ialah metode manual, sehingga kurang efisien dan konsisten dalam pematatannya.
4. Perlu tempat yang permukaannya rata pada saat melepas benda uji dari cetaknya, agar benda uji tidak retak ketika pelepasan cetakan.
5. Jumlah benda uji sebaiknya lebih banyak, sehingga diharapkan kemudian didapat hasil penelitian yang jauh lebih akurat dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfred, Lusitania dan Hendrikus :Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton MutuTinggi.
- Anggarwal, P., Anggarwal, Y. and Gupta S.M. 2007 : Effect of Bottom Ash As Replacement of Fine Agregates in Concrete. Civil Engineering Departement , National Institute of Technology. Kurukhsetra, India.
- Dermawan, Moch Husni : Model Kuat Tekan, Porositas dan Ketahanan Aus Proporsi Limbah Peleburan Besidan Semen Untuk Bahan Dasar Paving Block.
- Hartanto, Andy Chandra dan Pratomo Andrew. 2011 :Skripsi, Evaluasi Efektifitas Beberapa Metoda Perawatan Batako yang Memanfaatkan Fly Ash dan Bottom Ash. Universitas Kristen Petra.
- Haryanti, Ninis Hadi : Kuat Tekan Bata Ringan dengan Bahan Campuran Abu Terbang PLTU Asam-asam Kalimantan Selatan. FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Haryanto, Dion Stefanus. 2011 : Skripsi, Studi Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Material Konstruksi Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Untuk Dinding. Universitas Kristen Petra.
- Manuel, Edo dan Sunarko, Julius. 2011: Evaluasi Beberapa Metoda Pematatan Batako Berlubang yang Memanfaatkan Fly Ash dan Bottom Ash. Universitas Kristen Petra.
- Mislan. 2010 : Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara, Kulit Kerang dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Semen dan Pasir Dalam Pembuatan Batako. Magister Fisika, Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Munir, Misbachul. 2008 : Tesis, Pemanfaatan Abu Batu Bara (Fly Ash) Untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Mustain. 2006 :Uji Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang dengan Bahan Ikat Kapur dan Abu Layang. Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

Nugroho, Ari Setyo. 2014 : Naskah Publikasi, Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum.

Prakoso, J, 2006 : Pengaruh Penambahan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada *Conblock*. Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Retnosari, Agustin. 2013: Skripsi, Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO_2) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batu Bara. Fakultas Mipa Universitas Jember.

Ristinah, dkk : Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako. Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang.

Santoso, Indriani dan Roy, Salil Kumar. 2003 :Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. Teknik Sipil Universitas Kristen Petra.

SNI 03-0349-1989 : Bata Beton Untuk Pasangan Dinding

___ 03-0691-1996 : Bata Beton (*Paving Block*)

___15-2049-2004 : Semen Portland

Wijanarko, Wisnu. 2009 :Analisis Bahan Jerami Padi Dalam Bentuk *Block* Atau Kotak Sebagai Bahan Pengisi Batako Tidak Berlubang. Fakultas Keguruan Universitas Sebelas Maret, Jakarta.