

Abu Batubara sebagai Bahan Pengganti Semen Sebagian dalam Mortar

Anni Susilowati

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru UI Depok 16425

Abstract

Penelitian dilakukan pada mortar dengan variasi kadar abu batubara 0%, 10%, 20%, 30% dari berat semen. Analisis menunjukkan bahwa konsistensi mortar dengan penambahan abu batubara 10%, 20% dan 30% masing-masing lebih besar 5.71%, 5.955 dan 3.67% dari mortar tanpa abu batubara. Semakin besar penambahan abu batubara sampai dengan 30% pada mortar dapat meningkatkan konsistensinya sehingga mortar menjadi lebih lecek atau plastis dan mudah untuk dikerjakan. Sedangkan dengan penambahan 20% dan 30% abu batubara mortar kecenderungannya mengalami pengembangan walaupun kecil jika dibandingkan dengan mortar tanpa abu batubara. Pada umur 28 hari mortar dengan menggunakan abu batubara sebesar 30% dari berat semen dapat meningkatkan kekuatan tekannya sebesar 146% (64 kg/cm²) dan dapat meningkatkan kekuatan lentur sebesar 61% (39.30 kg/cm²) bila dibandingkan dengan mortar tanpa penambahan abu batubara. Sehingga mortar dengan menggunakan abu batubara sesuai standar ASTM C 270-99b dapat dikategorikan sebagai mortar tipe N. Kadar optimum abu batubara sebagai bahan pengganti semen sebagian (substitusi parsial) sehingga mortar mudah untuk dikerjakan dan dapat meningkatkan kekuatan tekan maupun kekuatan lentur yaitu pada penambahan abu batubara sebesar 30% sehingga komposisi campuran adalah 0,73 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0,27 abu batubara (dari berat semen)

Kata kunci : mortar, konsistensi, kuat tekan, Kuat lentur

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membawa manusia untuk menciptakan sesuatu yang lebih baik. Adukan/mortar adalah campuran yang memiliki kelecakan (konsistensi) yang terdiri dari bahan perekat, agregat halus serta air (Komar, 2007). Syarat dari mortar untuk bahan adukan adalah cukup plastis, sehingga mudah dikerjakan, dapat menghasilkan rekatan dan lekatan yang baik, dapat membagi tegangan secara merata, mempunyai kekuatan lentur yang baik, serta tahan lama (awet).

Pada umumnya mortar digunakan sebagai adukan pasangan batu bata dan plesteran namun dengan berkembangnya teknologi bahan di bidang teknik sipil, maka telah diciptakan inovasi-inovasi salah satunya adalah mortar yang dapat digunakan untuk bangunan struktural.

Semen, pasir dan air, merupakan bahan utama dalam pembuatan mortar. Selain bahan-bahan tersebut mortar juga dapat ditambahkan bahan tambah (*admixture*) yaitu (abu batubara), dengan tujuan diantaranya untuk meningkatkan mutu mortar dan meningkatkan kelecakan (*workability*).

Secara kimia Abu batubara (fly ash) merupakan mineral alumino silika yang mengandung unsur-unsur Ca, K, dan Na disamping juga mengandung sejumlah kecil unsur C dan N tersusun dari partikel berukuran kecil yang mempunyai karakteristik kapasitas pengikatan air dari sedang sampai tinggi, dan juga sifat-sifat pembentuk

semen. Penyumbang produksi abu batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi abu batubara dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (Indonesia, 2006). Majeri Magazine melaporkan bahwa produksi abu batubara (*fly ash*) di dunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton (Wang, 2006).

Fly ash dihasilkan selain dari sektor pembangkit listrik juga dapat dihasilkan dari briket batubara yang digunakan sebagai bahan bakar. Limbah utama yang dihasilkan briket batubara ini berupa serbuk (partikel) yang mempunyai bobot sangat ringan. Dalam kondisi kering, limbah mudah diterbangkan angin sehingga mengganggu pernafasan. Secara kuantitas, limbah briket batubara yang dibuang oleh industri kecil (penjual bakso) jumlahnya cukup besar. Jumlah limbah akan terus bertambah selama industri ini terus berproduksi. Limbah dibiarkan begitu saja di tempat pembuangan dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu volume limbah semakin banyak sehingga untuk menimbunnya diperlukan areal luas. Untuk mengurangi limbah terkadang digunakan untuk pengurugan jalan. Karena penanganan limbah briket batubara masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong, hal ini berpotensi bahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitar seperti, logam-logam dalam abu batubara terekstrak dan terbawa ke

perairan, abu batubara tertiuip angin sehingga mengganggu pernafasan. Sudut pandang terhadap abu terbang harus dirubah, abu batubara adalah bahan yang potensial untuk digunakan sebagai adsorben murah. Beberapa investigasi menyimpulkan bahwa abu batubara memiliki kapasitas adsorpsi yang baik untuk menyerap gas organik, ion logam berat, gas polutan. Modifikasi sifat fisik dan kimia perlu dilakukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Hasil penelitian terdahulu (Andoyo, 2008) menunjukkan bahwa penambahan abu terbang dengan prosentase tertentu dari berat semen ternyata dapat meningkatkan kuat tekan mortar. Peningkatan kuat tekan mortar terjadi hanya sampai prosentase dibawah 30% dari berat semen. Penambahan abu terbang juga membuat mortar menjadi lebih kedap air karena nilai serapan air mortarmenjadi semakin rendah.

Tujuan yang hendak dicapai padapenelitian ini adalah untuk membandingkan sifat fisik dan mekanik campuran mortar yang menggunakan abu batubara dan mortar tanpa abu batubara dan menentukan nilai kadar optimum abu batubara sebagai bahan pengganti semen sebagian (subsitusi parsial) sehingga dapat meningkatkan kekuatan mortar.

Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan mortar yang plastis, mudah dikerjakan dan mempunyai kekuatan tekan yang tinggi..

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Tahapan penelitian dibagi menjadi empat bagian utama yaitu persiapan dan pengujian bahan, penyusunan rancangan benda uji, pembuatan dan pemeriksaan benda uji serta pembahasan dan analisa hasil pengujian. Tahap persiapan dengan pengumpulan abu terbang dari industri kecil (penjual bakso keliling). Cara pengumpulannya dengan cara sebagai berikut pengumpulan dari industri kecil (penjual bakso keliling), dilanjutkan dengan memindahkan abu terbang dari tempat yang telah disiapkan ke dalam karung plastik.

Tahap ke dua sebelum dibuat benda uji terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik bahan yang akan digunakan. Dalam penelitian ini sifat kimiawi material tidak diuji. Adapun komposisi campuran mortar yang digunakan adalah sebagai berikut:

↳ Komposisi 0% :

1 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0 bottom ash (dari berat semen)

↳ Komposisi 10% :

0,91 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0,09 bottom ash (dari berat semen)

↳ Komposisi 20% :

0,82 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0,18 bottom ash (dari berat semen)

↳ Komposisi 30% :

0,73 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0,27 bottom ash (dari berat semen)

Setiap komposisi dibuat 12 buah untuk benda uji kuat tekan dan kuat lentur, dan 8 buah benda uji perubahan

panjang, sehingga jumlah benda uji seluruhnya adalah 56 buah. Benda uji mortar yang dibuat kemudian diuji sifat fisik dan mekanisnya yang meliputi konsistensi, kuat tekan kuat lentur, perubahan panjang, dan water.

Variabel Penelitian

a. Variabel bebas, sebagai variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar abu batubara.

b. Variabel terikat, sebagai variabel terikat dalam penelitian ini adalah sifat fisik dan sifat mekanik meliputi berat isi agregat, waktu ikat awal, dan kekuatan tekan.

Pembuatan Benda Uji

Setelah selesai pencampuran/pengadukan mortar menggunakan komposisi bahan berdasarkan mix design dengan variasi kadar kapur dan abu batubara kemudian dilakukan pengujian mortar segar dan pembuatan benda uji. Adukan mortar segar dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk kubus 50x50x50 cm dan berbentuk balok 25x25x100 cm dalam 2 lapis dan tiap lapis dipadatkan 32x. kemudian benda uji didiamkan selama ± 24 jam, setelah itu cetakan dibuka dan benda uji dirawat dengan cara direndam sesuai dengan SNI 03-2493-1991.

Pengujian Kekuatan

Setelah pembuatan benda uji kemudian dilakukan pengujian kekuatan tekan maupun kekuatan lentur. Alat yang digunakan mesin tekan beton dengan benda uji kubus dan mesin tekan proving ring dengan benda uji balok. Prosedur pengujian kekuatan tekan sesuai dengan SNI 03-1973-1990

Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dengan cara menganalisa hubungan antara kadar abu terbang batubara dengan sifat fisik dan mekanik mortar campuran tersebut yang akan dilakukan secara regresi.

a. Menggunakan jangka sorong

$$\text{Nilai Flow} = \frac{D1 - D0}{D0} \times 100\% \quad (\%)$$

$$D1 = \frac{Da + Db + Dc + Dd}{4} = (mm)$$

Keterangan :

Da...D = Diameter mortar pada empat posisi

D0 = Diamter awal (dasar kerucut/cetakan) (mm)

b. Menggunakan caliper khusus

$$\text{Nilai Flow} = Da + Db + Dc + Dd$$

c. Menghitung kuat tekan mortar

$$\text{Kuat tekan mortar} = \frac{P \max}{A} (N / mm^2)$$

Keterangan :

Pmax = beban maksimum dalam Newton

A = luas bidang tekan benda uji mm²

Dari hasil analisa diatas kemudian hasilnya dibandingkan dengan kekuatan mortar tanpa pemakaian abu terbang batubara.

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian yang kami lakukan mulai bulan April sampai Oktober 2009. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Bahan-bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Agregat halus jenis pasir Bangka
- Semen Type 1
- Air tanah dari laboratorium
- Kapur
- Abu Batubara Bottom ash dari industri kecil di cibinong, Bogor, 0%, 10%, 20%, 30% terhadap semen

HASIL PENELITIAN

Rangkuman hasil pengujian sifat fisik dan mekanik papan semen wol kayu tanpa anyaman bambu dan papan semen wol kayu dengan anyaman bambu dengan berbagai komposisi disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 kemudian Hasil pengujian kuat lentur disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

PEMBAHASAN

1. Agregat halus

Berdasarkan **Tabel 1**. didapat nilai berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu halus memenuhi standar berat jenis yang disyaratkan SKSNI 04-1989-F untuk agregat normal 2.0-2.9, sedangkan penyerapan air agregat halus 5.28% diatas yang disyaratkan maksimum 3%.

Dari **Gambar 1** terlihat bahwa angka kehalusan agregat halus 2.345 masih dalam batas yang diijinkan SKSNI S-04-1989-F yaitu 1.5 – 3.8. Sedangkan untuk sifat fisik yang lainnya memenuhi persyaratan SKSNI 04-1998-F.

2. Mortar

a. Konsistensi

Hasil pengujian konsistensi mortar diperoleh nilai flow berkisar antara 104% sampai 111%. Nilai flow mortar dengan penambahan abu batubara sampai dengan 30% masih memenuhi persyaratan flow maksimum yaitu 115%. Dari **Gambar 2**. terlihat bahwa penambahan abu batubara pada mortar sampai 30 % dari berat semen dapat meningkatkan nilai flownya. Ini berarti dengan penambahan abu batubara sampai 30% dari berat semen, mortar menjadi lebih plastis dan mudah untuk dikerjakan. Pada penambahan abu batubara 30% nilai flownya turun namun masih diatas dari nilai flow mortar tanpa abu batubara.

b. Perubahan Panjang

Pada **Gambar 3**. dapat dilihat bahwa hasil pengujian perubahan panjang mortar 0% abu batubara dari umur pengujian 7 hari sampai 63 hari kecenderungannya mengalami pengembangan (memuai) yang besar jika dibandingkan dengan mortar dengan penambahan abu batubara 20% dan 30%. Pada mortar dengan penambahan 10% abu batu bara dari pengujian 7 hari sampai 63 hari kecenderungannya mengalami penyusutan, walaupun pada umur pengujian 63 hari mengalami pengembangan walaupun kecil. Sedangkan dengan penambahan 20% dan 30% abu batubara mortar kecenderungannya mengalami pengembangan walaupun kecil jika dibandingkan dengan mortar tanpa abu batubara.

c. Kuat Tekan

Pada **Gambar 4**. dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan mortar dengan penambahan abu batubara sampai dengan 30% yang diuji pada umur 7 hari sampai 63 hari terjadi kecenderungan peningkatan kuat tekan. Hal ini terjadi karena pada umur awal jumlah Ca(OH)_2 yang masih terbatas sehingga reaksi lanjutan antara SiO_2 pada abu batubara dengan Ca(OH)_2 pada mortar belum sempurna. Semakin lama umur mortar akan semakin banyak jumlah Ca(OH)_2 yang diproduksi oleh reaksi hidrasi semen sehingga semakin banyak CSH yang dihasilkan oleh reaksi antara SiO_2 dengan Ca(OH)_2 . Dengan demikian pada mortar dengan tambahan abu batubara, semakin lama umur mortar dan semakin besar penambahan abu batubara maka peningkatan kekuatan tekan mortar semakin tinggi. Kekuatan mortar dengan penambahan abu batubara 30% mengalami peningkatan kekuatan tekan Kekuatan tekan pada umur 7 hari meningkat 120% (44 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 14 hari meningkat 131% (60 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 21 hari meningkat 127% (68 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 28 hari meningkat 146% (64 Kg/cm^2), dan Kekuatan tekan pada umur 63 hari meningkat 142% (82 Kg/cm^2). sehingga mortar dengan penambahan abu batubara 30% dapat dikategorikan sebagai mortar tipe N karena kuat tekannya melebihi 52 Kg/cm^2 sesuai standar ASTM C 270-99b.

d. Kuat Lentur

Pada **Gambar 5**. hasil pengujian kuat lentur, mortar dengan komposisi 10% abu batubara mengalami kenaikan kekuatan lentur yang baik pada usia 14 hari dengan nilai 46.61 kg/cm^2 , sedangkan mortar dengan komposisi 30% abu batubara terus mengalami peningkatan kekuatan lentur dengan nilai mencapai 45.83 kg/cm^2 pada usia 63 hari walaupun pada usia 21 hari mengalami penurunan. Kekuatan mortar dengan penambahan abu batubara 30% mengalami peningkatan kekuatan lentur pada umur 7 hari meningkat 55% (30.78 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 14 hari meningkat 19% (32.63 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 21 hari meningkat 86% (31.33 Kg/cm^2), Kekuatan tekan pada umur 28 hari meningkat 61% (39.30 Kg/cm^2), dan Kekuatan tekan pada umur 63 hari meningkat 67% (45.83 Kg/cm^2). Secara

umum dengan penambahan abu batubara sampai 30% dari berat semen, terjadi kecenderungan peningkatan kuat lentur bila dibandingkan dengan mortar tanpa abu batubara.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsistensi mortar dengan penambahan abu batubara 10%, 20% dan 30% masing-masing lebih besar 5.71%, 5.955 dan 3.67% dari mortar tanpa abu batubara. Semakin besar penambahan abu batubara sampai dengan 30% pada mortar dapat meningkatkan konsistensinya sehingga mortar menjadi lebih lecek atau plasti dan mudah untuk dikerjakan. Sedangkan dengan penambahan 20% dan 30% abu batubara mortar kecenderungannya mengalami pengembangan walaupun kecil jika dibandingkan dengan mortar tanpa abu batubara. Pada umur 28 hari mortar dengan menggunakan abu batubara sebesar 30% dari berat semen dapat meningkatkan kekuatan tekannya sebesar 146% (64 kg/cm²) dan dapat meningkatkan kekuatan lentur sebesar 61% (39.30 kg/cm²) bila dibandingkan dengan mortar tanpa penambahan abu batubara. Sehingga mortar dengan menggunakan abu batubara sesuai standar ASTM C 270-99b dapat dikategorikan sebagai mortar tipe N.

Kadar optimum abu batubara sebagai bahan pengganti semen sebagian (substitusi parsial) sehingga mortar mudah untuk dikerjakan dan dapat meningkatkan kekuatan tekan maupun kekuatan lentur yaitu pada penambahan abu batubara sebesar 30% sehingga komposisi campuran adalah 0,73 Semen : 3 Pasir : 1 kapur : 0,27 abu batubara (dari berat semen)

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan abu batubara pada mortar dapat ditingkatkan melebihi dari

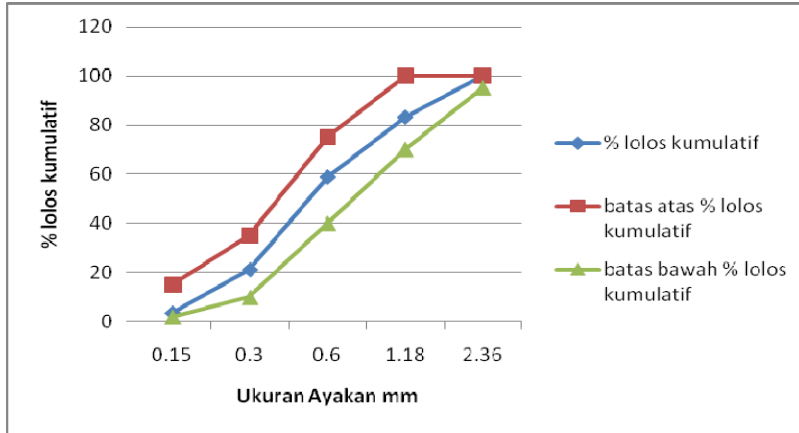
30% dari berat semen dan diuji lebih dari 63 hari.

DAFTAR PUSTAKA

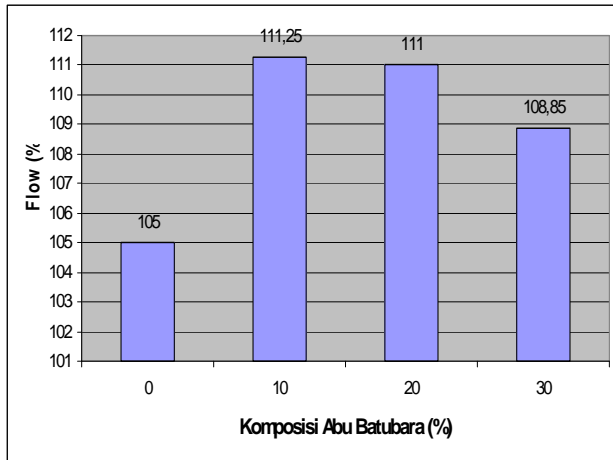
- Achmad, Djedjen, 2007 *Job Sheet Pengujian Bahan Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Jakarta.
- American Society For Testing Material, 1995, Annual Book of Standard, ASTM C-125-1995.
- American Coal Ash Association. 1996 *Coal Combustion Product-Production and Use*. Alexandria, Virginia, 1997. URL: <http://www.tfhr.gov./cbabs1.htm>
- Andoyo, 2008, *Penggunaan Fly ash sebagai bahan Campuran Beton*, Skripsi, Jurusan Teknik sipil Universitas Negeri Semarang
- Anonim, 2006, *IndonesiaPower*, PLTU Surabaya, www.Tekmira.esdm.go.id
- Babcock & Wilcox Company. *Steam. Its Generation and Use*. New York, NY, 1978. URL: <http://www.tfhr.gov./cbabs1.htm>
- Bottom Ash, Wikipedia, Akses 11 Mei 2009
 RL:http://en.wikipedia.org/wiki/Bottom_ash Hecht, N. L. and D. S. Duvall. *Characterization and Utilization of Municipal and Utility Sludges and Ashes: Volume III -- Utility Coal Ash*. National Environmental Research Center, U.S. Environmental Protection Agency, 1975.
 URL: <http://www.tfhr.gov./cbabs1.htm>
- S.Wang, H. Wu, H, journal of Hazardous Materials, 2006
- Susilowati, Anni, 2000, *Job Sheet Pengujian Bahan Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Jakarta.
- SK SNI S – 04 – 1989 – F, *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB Bandung.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

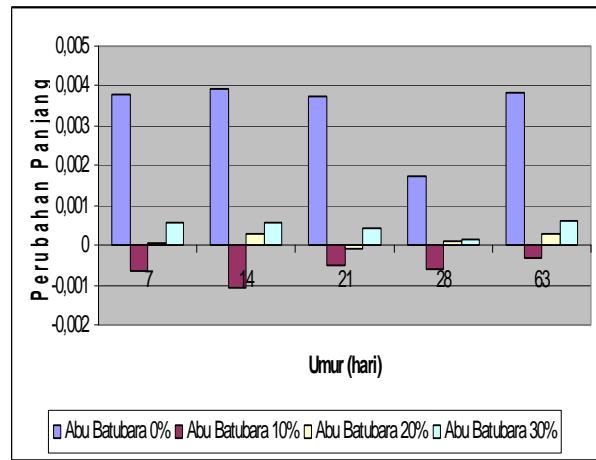
| No | Pengujian | Satuan | Hasil | Persyaratan | Keterangan |
|----|------------------|--------|--------|-------------|------------|
| 1 | Berat Jenis | | 2.31 | 2.2 - 2.9 | v |
| 2 | Berat Jenis SSD | | 2.43 | | v |
| 3 | Berat Jenis Semu | | 2.62 | | v |
| 4 | Penyerapan Air | % | 5.28 | 3 | v |
| 5 | Berat Isi Lepas | kg/lt | 1.45 | > 1.2 | v |
| 6 | Berat Isi Padat | kg/lt | 1.69 | > 1.2 | v |
| 7 | Kadar Air | % | 4.92 | - | |
| 8 | Kadar Lumpur | % | 4.5 | Mak. 5 | v |
| 9 | Analisa Ayak | | Zone 2 | Zone 1 - 4 | v |
| | FM | | 2.345 | 1.5 - 3.8 | v |



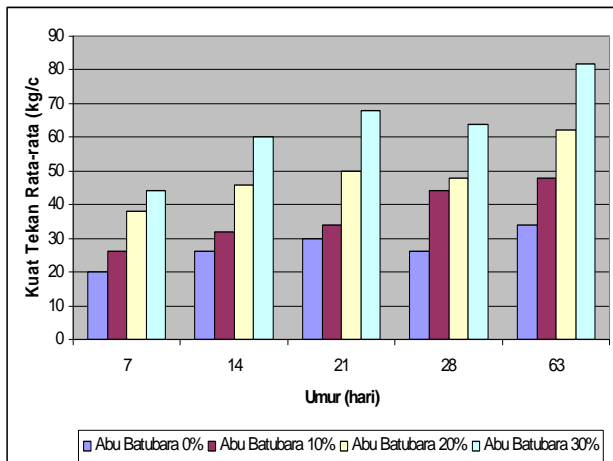
Gambar 1. Hasil Analisa Ayak Agregat Halus



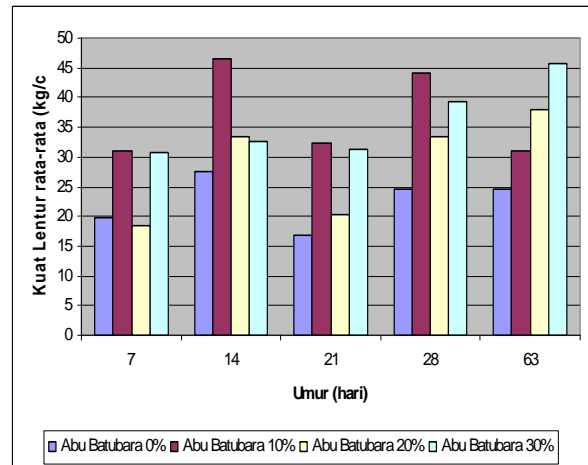
Gambar 2. Hasil Pengujian Konsistensi Mortar



Gambar 3. Hasil Pengujian Perubahan Panjang



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur