

PENGGUNAAN ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI PADA SEBAGIAN SEMEN UNTUK MENAMBAH KEKUATAN TEKAN MORTAR

Khairil Anwar¹⁾, Mawardi²⁾

¹⁾Alumni Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp (0736)344087, e-mail : anwar5950@yahoo.com

²⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIB, e-mail: mawardi001@gmail.com

Abstract

The objective of this research was to investigate the influence of palm ash powder as a substitute for a fraction of the cement to the mortar compressive strength. Palm ash constitutes as cesspool of palm production that contains a lot of silica element (SiO^2) and constitutes pozzolanic material. The sample used were cubes size 50 mm x 50 mm x 50 mm. Sand that used have 2 variation are mountain sand and sea sand and have 2 processing are washing and not washing. The method that used is anava 2 way. The testing object was made by composition of mixture 1 cement : 2 sand and 1 cement : 4 sand, by variation of palm ash addition on cement 0%, 7.5%, 12.5%, 25%, and 30%. By the research showed pressure strength respectively viz 38.52 MPa, 21.85 MPa, 17.10 MPa, 7.66 MPa, and 5.59 MPa. The test was conducted after the mortar was 28 days old. The test result of mortar found that higher content of the fruit bunch ash so lower of compressive mortar strength. So that the objective of this research dont have optimum percentage of palm ash to compressive strength of mortar and palm ash dont used as a substitute for a fraction of cement to the mortar compressive strength.

Keywords : powder palm ash, compressive strength mortar, normal mortar.

PENDAHULUAN

Mortar merupakan campuran dari semen, pasir, dan air, yang merupakan perekat utama dalam campuran beton. Pada umumnya mortar masih menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat utama yang harganya cukup mahal. Semen portland mengandung kapur 60-65%, Silika 20-25%, Alumina 7-12%, dan unsur minor lainnya (Tri Mulyono, 2005). Oleh karena itu diperlukan bahan pengikat tambahan yang memiliki harga lebih murah, dapat meningkatkan kekuatan atau ketahanan mortar, serta adanya alternatif pemanfaatan bahan-bahan lain dengan memanfaatkan potensi daerah setempat.

Bahan pengikat tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pembakaran serat dan cangkang sawit, yang kemudian disebut abu sawit. Limbah pembakaran serat dan cangkang sawit yang berupa abu memiliki unsur yang bermanfaat

untuk meningkatkan kekuatan mortar. Abu sawit memiliki sifat pozzolan dan mengandung unsur silika yang cukup banyak berkisar 31,45% sedangkan semen Portland hanya 20-25% (Tri Mulyono, 2005), sehingga bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan mortar yang lebih tinggi.

Sampai saat ini limbah cangkang sawit yang berupa abu cangkang sawit belum banyak dimanfaatkan, hanya menjadi sampah yang dapat merusak lingkungan. Untuk itu harus ada upaya untuk memanfaatkan limbah abu cangkang sawit tersebut dalam rangka meminimalkan dampak yang ditimbulkannya. Salah satu upaya tersebut adalah memanfaatkan abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk meningkatkan kuat tekan mortar. Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian terhadap pemanfaatan abu sawit sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan mortar.

Mortar

Tjokrodimuljo (1996), mortar sering kali disebut sebagai mortel atau spesi, yaitu adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air.

Pozzolan

Pozzolan adalah bahan tambahan yang berasal dari alam atau batuan, yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan alumina aktif. Pozzolan sendiri tidak memiliki sifat semen tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (Tjokrodimulyo, 1996).

Silika

Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas mulai dari bidang elektronik, medis, mekanis, seni hingga bidang – bidang

lainnya. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas adalah sebagai penyerap kadar air diudara sehingga memperpanjang masa simpan bahan dan sebagai bahan campuran untuk membuat keramik seni (Harsono, 2002).

Limbah kelapa sawit

Limbah pabrik kelapa sawit sangat melimpah. Saat ini diperkirakan jumlah limbah pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia mencapai 28,7 juta ton limbah cair/tahun dan 15,2 juta ton limbah padat (TKKS)/tahun. Jenis, potensi dan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan perbandingan kandungan semen dengan kelapa sawit pada Tabel 2

Tabel 1. Jenis, Potensi dan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit

Jenis	Potensi perton Tbs(%)	Manfaat
Tandan Kosong	23,0	Pupuk kompos, pulp kertas, papan partikel, energi
Wet Decanter Solid	4,0	Pupuk kompos, makanan ternak
Cangkang	6,5	Arang, karbon aktif, papan partikel
Serabut	13,0	Energi, pulp kertas, papan partikel
Limbah Cair	50,0	Pupuk, air irigasi

(Sumber : Suyitno, 2009)

Tabel 2. Perbandingan kandungan utama semen dengan abu sawit.

Kandungan Penyusun	Semen Kadar (%)	Abu Sawit Kadar (%)
Kapur (CaO)	60-65	15,2
Silika (SiO ²)	20-25	31,45
Oksida Besi serta Alumina (Fe ² O ³ dan Al ² O ³)	7-12	-

(Sumber : Mulyono, Tri.2005)

Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) adalah bahan batuan halus yang terdiri dari butiran sebesar 0,14 mm sampai 5 mm didapat dari hasil diintegrasikan batu alam (*natural sand*) atau dapat juga pemecahannya (*artificial sand*). Persyaratan pasir menurut PUBI 1982 agar dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

a. Pasir beton harus bersih.

- b. Kandungan bagian yang lewat ayakan 0,063 mm (Lumpur) tidak lebih besar dari 5% berat.
- c. Angka modulus halus butir terletak antara 2,2 sampai 3,2.
- d. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton.
- e. Kekekalan terhadap larutan MgSO₄, fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.

- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

Ada beberapa jenis pasir yang dijual di pasaran yaitu sebagai berikut :

1. Pasir sungai

Pasir sungai berasal dari penyedotan atau penggalian di tengah kali saat surut. Pasir jenis ini tidak baik bila dipakai untuk plesteran, karena kandungan lumpurnya cukup banyak dan boros semen. Untuk pengecoran, pasir ini sangat tidak dianjurkan sebab mutu beton yang direncanakan tidak akan tercapai. Keburukannya sama dengan pasir gunung, yaitu penipuan volume. Warna pasirnya ada yang hitam kemerah-merahan dan hitam keabu-abuan.

2. Pasir gunung

Pasir gunung memang diambil dari gunung, seperti pasir hasil letusan gunung Galunggung yang sangat terkenal bersih atau bebas dari campuran tanah. Pasir jenis ini baik untuk pasangan bata dan plesteran, sebab plesteran tidak mudah retak apalagi mengelupas, pemakaian semen pun bisa irit. Namun, terkadang pasir seperti ini mudah direkayasa volumenya. Rekayasa volume tersebut artinya pasir yang dimuat di atas truk hanya $\frac{3}{4}$ dari volume seharusnya walaupun terlihat penuh dalam bak truk. Oleh karena adanya getaran selama perjalanan, pasir akan turun dan memadat.

3. Pasir laut

Pasir laut mutunya agak kurang karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman tersebut menyebabkan pasir banyak menyerap air dari udara sehingga kondisi pasir akan selalu basah atau agak basah yang tidak dikehendaki dalam pekerjaan beton. Pasir laut juga menyebabkan terjadinya pengembangan ketika beton sudah jadi. Agar diperoleh material yang baik, pencucian kadangkala perlu dilakukan (Mulyono, 2007).

Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan (PT. Semen

Padang, 1998). Air yang diperlukan dipengaruhi oleh faktor berikut:

- a. Ukuran agregat maksimum, apabila diameter agregat besar maka kebutuhan air menurun.
- b. Bentuk butir, apabila bentuk agregat bulat maka kebutuhan air menurun.
- c. Gradasi agregat, gradasi yang baik menurunkan kebutuhan air untuk kelecakan yang sama.
- d. Kotoran dalam agregat, semakin banyak lumpur maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus, bila jumlah agregat halus lebih sedikit dari agregat kasar maka kebutuhan air menurun.

Semen

Salah satu bahan penyusun beton adalah semen. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu semen non-hidrolik dan semen hidrolik (PT. Semen Padang, 1998). Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi 5 jenis (Supriyanti, 2004), yaitu :

- 1). Jenis I (*Ordinat Portland Cement*)
Semen portland untuk penggunaan umum, yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2). Jenis II (*Moderate Heat Hardening Portland Cement*)
Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3). Jenis III (*High Aertly Strength Hardening Portland Cement*)
Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- 4). Jenis IV (*Low Heat of Hardening Portland Cement*)
Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- 5). Jenis V (*Sulfur Resistance Portland Cement*)

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Waktu penelitian \pm 1,5 bulan.

Penelitian ini menggunakan dua macam pasir, yaitu pasir laut (Teluk Sepang) dan pasir gunung (Curup). Eksperimen dilakukan dengan penambahan abu cangkang sawit sebagai bahan tambah pada adukan mortar sebesar 0%, 7,5%, 12,5%, 25%, dan 30% dari berat semen. Penelitian ini menggunakan perlakuan 2 perlakuan yaitu, dicuci dan tidak dicuci. pasir Teluk Sepang dicuci untuk mengurangi kadar garamnya dan jika ada cangkang hewan laut yang lolos saringan yang telah ditentukan maka dibiarkan saja. Faktor Air Semen yang digunakan 0,5. Faktor lain diluar penambahan abu cangkang sawit semua dikendalikan. faktor-faktor yang dikendalikan adalah jenis semen, jumlah, dan kualitas air, cara pengadukan, cara pencetakan, cara perawatan, dan umur mortar. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen untuk mengetahui kuat tekan mortar. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini berjumlah 150 sampel. Benda uji dicetak dengan cetakan kubus dengan dimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm. Kubus-kubus mortar tersebut direndam di dalam air bersih dan kemudian diuji pada umur 28 hari dengan menggunakan metode perhitungan dan analisis cara Anava (Analisis Varians) dimana diuji pada kuat tekan mortar pada umur 28 hari (dari kedua jenis pasir spesi campuran 1Pc: 2Ps dan 1Pc : 4Ps).

Tahapan penelitian

Persiapan bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. Agregat Halus (pasir)
Agregat halus dari Curup dan pasir laut yang berasal dari Teluk Sepang.
2. Semen
Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I sesuai dengan standar SNI dengan kemasan kantong 50 Kg.
3. Air

Air yang digunakan adalah air yang diambil dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Persiapan alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian beserta penjelasan singkat tentang kegunaan akan diuraikan di bawah ini:

1. Baskom dan cawan.
Baskom digunakan sebagai tempat untuk penyimpanan bahan penyusun adukan mortar (pasir, semen, air dan abu cangkang sawit).
2. Ayakan.
 - a. Ayakan No. 200 digunakan untuk pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir.
 - b. Ayakan dengan lubang berturut-turut 4,80 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm yang dilengkapi dengan tutup, pan dan juga alat penggetar, digunakan untuk mengetahui gradasi pasir.
3. Timbangan (*Mechanical Balances*)
Timbangan digital, kapasitas 6 kg, ketelitian 2 gram, digunakan untuk mengukur berat contoh yang kurang dari 6 kg.
4. Piknometer
Piknometer dengan kapasitas 500 ml digunakan untuk mencari berat jenis pasir.
5. Oven
Oven untuk mengeringkan pecahan benda uji pada pengujian daya serap air dan pemeriksaan bahan.
6. Bulk Density Test
Bejana baja dengan diameter 150 mm, tinggi 170 mm, digunakan untuk mengetahui berat satuan pasir dalam kondisi dipadatkan maupun tidak dipadatkan dilengkapi dengan tongkat penumbuk panjang 60 cm, diameter 15 mm.
7. Meja sebar (*Flow Table*)
Meja sebar atau "*Flow Table*" berfungsi untuk mengetahui konsistensi (keleccakan) adukan mortar sebelum di cetak. Meja sebar yang digunakan adalah *Compressive Strength Of Hydraulic Cement Mortar*. Meja sebar terdiri atas :
 - a. Alas meja yang berbentuk lingkaran dan terbuat dari kuningan dengan diameter 300 mm dan ketebalan 20

- mm. pada permukaan alas terdapat empat garis yang masing-masing membentuk sudut 45° yang digunakan untuk pembacaan nilai sebar mortar semen yang diuji.
- b. Kerucut kuningan yang mempunyai diameter atas 69,8 mm dan diameter bawah 102 mm dengan ketinggian 50,8 mm.
 - c. Jangka sorong khusus yang terbuat dari kuningan dengan skala yang menunjukkan prosentase penyebaran adukan mortar.
 - d. Penumbuk yang terbuat dari kuningan, yang digunakan untuk pemadatan mortar yang akan diuji didalam kerucut kuningan yang diletakkan diatas alas meja sebar.
8. Cetok dan talam baja
Cetok digunakan untuk memindahkan adukan ke dalam cetakan dan juga untuk meratakan permukaan benda uji yang baru dicetak. Talam baja digunakan untuk tempat pasir dan adukan mortar semen.
 9. Gelas ukur
Gelas ukur volume 250 ml digunakan pada pemeriksaan kandungan zat organik dalam pasir. Gelas ukur volume 50 ml, 100 ml, 250 ml, 1000 ml digunakan

untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk adukan mortar semen dan juga untuk memeriksa karekteristik pasir.

10. Cetakan mortar
Cetakan kubus mortar dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yang digunakan untuk pengujian kuat tekan pada benda uji kubus.
11. Stop watch
Stop watch digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan dalam pengadukan.
12. Alat uji tekan
Alat uji tekan yang digunakan adalah mesin uji desak (*Universal Testing Machine*) dengan kapasitas kuat tekan 500 KN digunakan untuk mengujian kuat tekan mortar semen pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu

Pelaksanaan penelitian

Tempat penelitian dan pembuatan sampel (benda uji), pemeliharaan sampel, dan pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.

Tabel 3. Komposisi dan jumlah benda uji

No	Variasi campuran abu cangkang sawit	Pasir Curup		Pasir Curup		Pasir Laut		Pasir Laut		50% Pasir Curup dan 50% Pasir Laut	
		Dicuci	Tidak Dicuci	Tidak dicuci	Dicuci	Dicuci	Tidak Dicuci	Tidak Dicuci	Dicuci	Dicuci	
		1Pc:2Ps	1Pc:4Ps	1Pc:2Ps	1Pc:4Ps	1Pc:2Ps	1Pc:4Ps	1Pc:2Ps	1Pc:4Ps	1Pc:2Ps	1Pc:4Ps
1.	0%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.	7,5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3.	12,5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4.	25%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5.	30%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Total		150 Sampel									

Analisa data

Pada penelitian ini, data dianalisa berdasarkan kuat tekan mortar rata-rata yang diteliti dari penggunaan 2 jenis pasir yang berbeda. Data hasil uji kuat tekan mortar disajikan dengan Metode Anava dalam tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pasir laut

Pasir laut yang digunakan berasal dari Teluk Sepang Kecamatan Kampung Melayu kota Bengkulu.

1. Analisis Saringan

Analisis saringan pasir laut teluk sepang masuk ke dalam zona IV (pasir agak halus). MHB = 1,192. Pembagian zona 4 agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1.

2. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kadar Lumpur

Kadar lumpur pasir laut teluk sepang setelah diuji fisis adalah 1,03%. Pasir ini telah memenuhi syarat karena

memiliki kandungan lumpur yang kurang dari 5% (PUBI 1982).

3. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kadar Air

Kadar air yang terdapat pada pasir laut teluk sepang adalah 2,67%.

4. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

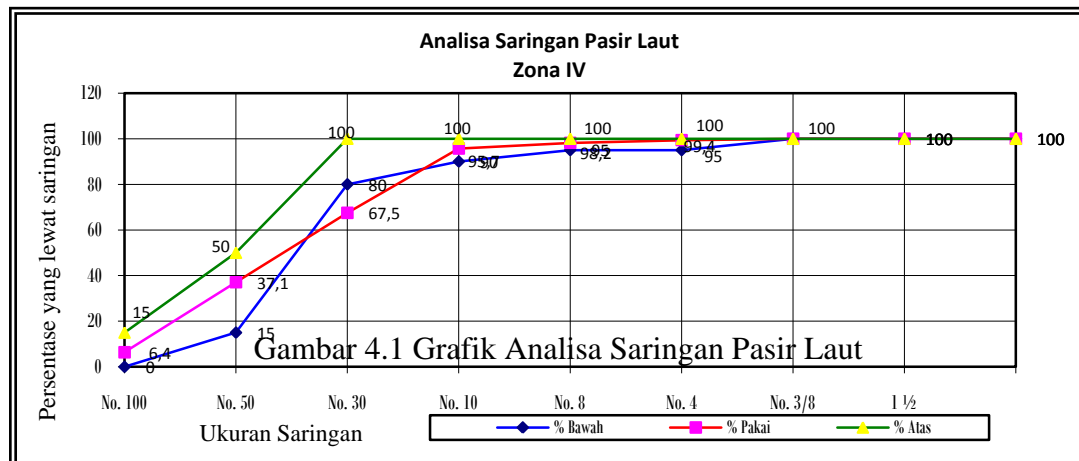
Berat jenis dan penyerapan pasir laut diperoleh berat jenis kering oven (*bulk*), 2,598, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), 2,637, berat jenis semu (*apparent*), 2,704 dan penyerapan sebesar 1,510%.

5. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Berat Isi

Berat isi agregat halus diperoleh berat isi rata-rata 1351,667 kg/m³,

6. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kandungan Organik Pasir

Hasil pemeriksaan kandungan organik diperoleh pasir laut berwarna kuning, yang artinya tidak banyak mengandung bahan organik.



Gambar 1. Grafik Analisa Saringan Pasir Laut

Pengujian pasir gunung

Pasir gunung yang digunakan dibeli berasal Curup.

1. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Analisis Saringan

Analisis saringan pasir gunung masuk ke dalam zona III. MHB pasir gunung

adalah 1,966. Pembagian zona 3 dapat dilihat pada Gambar 2.

2. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kadar Lumpur

Kandungan lumpur pasir gunung sebesar 2,89%.

3. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kadar Air

Kadar air pasir gunung didapatkan kadar air sebesar 7,67%.

4. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis dan penyerapan pasir gunung diperoleh berat jenis kering oven (*bulk*), 2,492, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*): 2,538, berat jenis semu (*apparent*), 2,611 dan penyerapan sebesar 1,825.

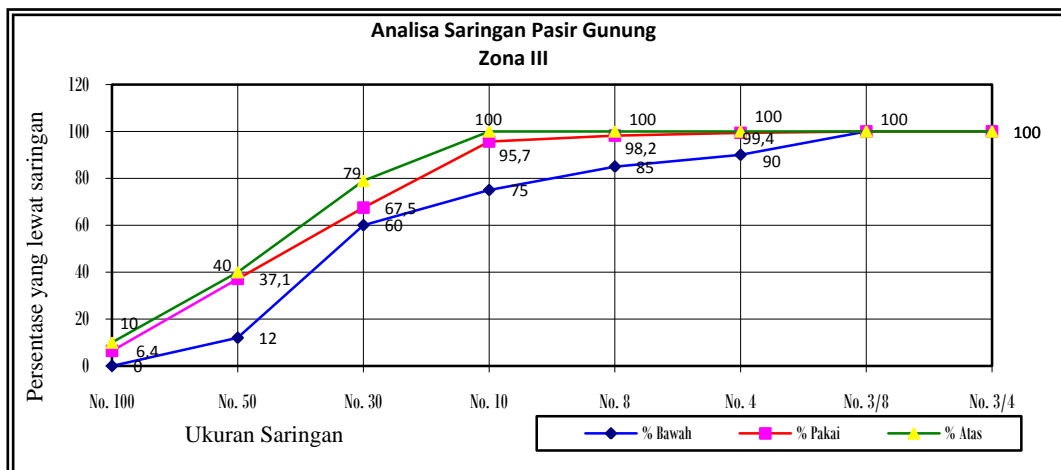
5. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Berat Isi

Berat isi agregat halus diperoleh berat isi rata-rata 1475 Kg/m³, sehingga

agregat memenuhi syarat agregat normal (SK SNI.T-15-1990-01:2), yaitu berat isi pasir untuk adukan 2200-2500 kg/m³ atau tidak kurang dari 1200 kg/m³.

6. Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Kandungan Organik Pasir

Dari hasil pemeriksaan kandungan organik diperoleh pasir gunung berwarna kuning muda yang berarti pasir gunung sedikit mengandung bahan organik.



Gambar 2. Grafik analisa saringan pasir gunung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan campuran mortar

Pada penelitian ini proporsi campuran adukan menggunakan perbandingan massa. Pasir yang digunakan mengalami dua perlakuan yaitu pasir yang dicuci dengan pasir yang tidak dicuci dan dikondisikan jenuh kering permukaan (*SSD*) selain itu adukan mengalami 3 perlakuan yaitu murni pasir laut, murni pasir gunung, dan campuran (50% PL + 50% PG). Bahan pengganti semen yang digunakan adalah abu cangkang sawit dengan perbandingan persentasenya 0%, 7,5%, 12,5%, 25% dan 30%. Pada penelitian ini menggunakan meja sebar sebagai koreksi FAS, pertama FAS ditentukan sebesar 0,5. Berat semen dan pasir dalam *bowl* bersifat konstan yaitu 400

gram dan 800 gram untuk adukan 1pc : 2Ps sedangkan untuk adukan 1Pc : 4Ps seberat 250 gram dan 1000 gram lalu dicari berapa banyak air yang dibutuhkan, dengan ketentuan penyebaran dari meja sebar sekitar 10-15 cm tidak boleh kurang atau lebih.

Pembahasan hasil nilai kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur mortar 28 hari. Jumlah sampel yang diuji pada setiap satu kali pengujian tergantung sampel mana yang sudah siap terlebih dahulu. Pengujian kuat tekan mortar ini dilakukan selama 3 hari dengan total sampel sebanyak 150 sampel.

Nilai kuat tekan mortar berdasarkan perlakuan pasir

1. Pasir yang tidak dicuci
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi adalah $385,2 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,46. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah adalah $6,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 2,1.
2. Pasir dicuci
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $228,3 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,45. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $7,3 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 2,02.

Nilai kuat tekan mortar berdasarkan jenis pasir

1. Pasir Gunung
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $385,2 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,46. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $20,4 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,62.
2. Pasir Laut
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $180,70 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,63. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata yaitu $6,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 2,10.
3. Pasir Campuran (50% PG + 50%PL)
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $225,8 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,55. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $7,3 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,53.

Nilai kuat tekan mortar berdasarkan persentase abu sawit

1. Pesentase abu cangkang sawit (0%)
Kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $385,2 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,46. Nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $29,60 \text{ kg/cm}^2$ dan FAS 1.
2. Pesentase abu cangkang sawit (7,5%)
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $218,5 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,51. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $15,7 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,16.

3. Pesentase abu cangkang sawit (12,5%)
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $171,0 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,66. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $18,1 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,42.
4. Pesentase abu cangkang sawit (25%)
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $76,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,90. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $6,1 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,91.
5. Pesentase abu cangkang sawit (30%)
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $55,90 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,07. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $6,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 2,1.

Nilai kuat tekan mortar berdasarkan spesi adukan

1. 1Pc : 2Ps
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi adalah $385,2 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,46. Nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $17,20 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 1,32.
2. 1Pc : 4Ps
Nilai kuat tekan mortar rata-rata tertinggi yaitu $152,7 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 0,74. Dan nilai kuat tekan mortar rata-rata terendah yaitu $6,6 \text{ kg/cm}^2$ dengan FAS 2,10.

Pembahasab secara statistik analisis varians (ANAVA)

Analisis varian digunakan untuk mengetahui pengaruh abu cangkang sawit dengan persentase tertentu terhadap jenis pasir yang berbeda, perlakuan pada pasir yang berbeda, dan spesi yang berbeda terhadap kuat tekan mortar. Anava dua jalur digunakan untuk menguji hipotesis perbandingan lebih dari dua sampel dan setiap sampel terdiri atas dua jenis atau lebih secara bersama-sama.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Pasir gunung dan pasir laut memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap spesi campuran berdasarkan faktor air semen. Pasir gunung memiliki kuat tekan tertinggi dibandingkan dengan pasir laut.
2. Tidak terdapat abu cangkang sawit yang optimum sebagai pengganti sebagian semen untuk menambah kuat tekan mortar.
3. Kuat tekan tertinggi mortar yaitu 38,52 Mpa terdapat pada pasir gunung tidak dicuci 1Pc:2Ps dengan persentase abu sawit 0%.
4. Kuat tekan mortar terendah yaitu 0,66 Mpa terdapat pada pasir laut tidak dicuci 1Pc:4Ps dengan persentase abu sawit 30%.
5. Abu sawit tidak dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen karena pertambahan persentase abu sawit hanya memperkecil kuat tekan mortar.

Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian serupa dengan jenis pasir yang berbeda, dan jumlah sampel yang lebih banyak agar didapat data yang lebih valid.
3. Cetakan yang digunakan sebaiknya memiliki dimensi atau ukuran yang sesuai dengan perencanaan.
4. Dalam tahap pengerjaan lebih memperhatikan ketelitian

DAFTAR PUSTAKA

Bintang, T., 2005, **Karakteristik Mekanik Mortar dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca**, Tugas Akhir. Yogyakarta, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

DPU, 1985, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 (PUBI 1982)**, Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Balitbang Dep. PU.

DPU, 1990, **Metode Pengujian Mortar Untuk Pekerjaan Sipil (SK SNI M-111-1990-03)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Djauharotun, 2002, **Pengaruh Pemanfaatan Debu Batu Dari Unit Pemecahan Batu Pucanggading Sebagai Pengganti Pasir Pada Pembuatan Batu Cetak**, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), Yogyakarta.

Kusumawardaningsih, Y., 2003, **Pengaruh Tekanan Saat Proses Pencetakan Terhadap Karakteristik Mortar Dari Agregat Ringan**, Tesis, Jurusan Ilmu-Ilmu Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada (UGM), Yogyakarta.

Malawi, R., 1996, **Potensi Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pengganti Semen, Tinjauan pada Mortar Semen dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta.

Mangerongkonda, D., 2007, **Skripsi Pengaruh Penggunaan Pasir Laut Bangka Terhadap Kualitas Beton**, Universitas Gunadarma, Jakarta.

Mistra, 2006, **Panduan Membangun Rumah**, Griya Kreasi, Jakarta.

Mulyono, T., 2007, **Teknologi Beton**, Andi Offset, Yogyakarta.

Nugraha, P., 2007, **Teknologi Beton**, Andi Offset, Surabaya.

PT. Semen Gresik, 2002, **Jenis Semen dan Penggunaannya**, PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, Surabaya.

Pusat Penelitian MBT, 1999, **Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton**, Pusat Penelitian MBT, Bandung.

Team Pelayanan Teknis, 1998, **Teknologi Semen**, PT. Semen Padang, Padang.

Tjokrodinuljo, K., 2004, **Beton-Non-Pasir untuk Pembuatan Elemen Non-Struktur dan Elemen Struktur**

Ringan. Seminar Nasional. Yogyakarta
:Program S-1 Ekstensi Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik UGM.

Tjokrodimuljo, K., 1996, **Teknologi Beton**,
Nafiri, Yogyakarta.