

Pemanfaatan Bahan Limbah untuk Campuran Bahan Plesteran

(Utilization of Waste Materials for Cement Mortar Mixture)

Rachmi Yanita^{1*}, Andi Sagab², Hansen³

¹Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia, Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia, Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320 (alumnus)

Abstrak

Plesteran adalah lapisan penutup pada pekerjaan pasangan, yang berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar (seperti cuaca, kelembaban ataupun kekuatan abrasi), menambah kekuatan pasangan serta meratakan permukaan pasangan. Persyaratan lapisan plesteran, harus mempunyai ketebalan yang cukup dan tidak boleh ada retakan. Plesteran atau mortar semen merupakan campuran antara semen dan pasir dengan air dengan komposisi antara 1:1 hingga 1:5. Pemanfaatan bahan limbah lokal yaitu fly-ash (FA) atau abu-terbang dan Serbuk Gergaji (*Shorea spp*) sebagai alternatif bahan tambah/pengganti pasir dalam adukan plesteran akan memberi efisiensi biaya konstruksi rumah sederhana. Pada penelitian ini diuji penggunaan bahan limbah tersebut di atas masing-masing kedalam adukan plesteran dengan perbandingan tertentu. Sebagai indikator kelayakannya digunakan nilai kuat tekan benda uji kubus beton 5x5x5 cm (ASTM C-109) yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan ITI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pencampuran FA 10% - 40% dari berat semen pada adukan plesteran 1:5 dapat meningkatkan kuat tekan benda uji 7,71% sampai 51,02% dan peningkatan workability. Sedang penambahan serbuk gergaji sampai 6% terhadap berat pasir kedalam adukan plesteran 1:2 kedap air, tidak menurunkan kuat tekan yaitu tetap diatas 175 kg/cm² dan tetap bersifat sebagai adukan kedap air. Maka pemanfaatan bahan limbah FA dan serbuk gergaji dengan komposisi tersebut di atas, layak digunakan sebagai campuran material plesteran dan memberi nilai tambah pada bahan limbah lokal tersebut untuk dimanfaatkan oleh masyarakat setempat pada konstruksi bangunan sederhana.

Kata Kunci : bahan limbah, material plesteran, kelayakan

Abstract

Plastering materials is a cover on brick walls and other construction work, which serves as a protective barrier against external influences (such as weather, moisture or abrasion strength), adding strength and smoothing the surfaces. Requirements of plastering are must have sufficient thickness and there should be no cracks. Plastering or cement mortar is a mixture of cement and sand with water in a composition between 1:1 to 1:5. Utilization of local waste materials such as fly-ash (FA) or fly - ash and Sawdust (*Shorea spp*) as an alternative material added or replace of sand in plastering mortar will give cost efficiency in house construction. In this study, the use of the each waste material mention above into plastering mortar with a certain ratio are tested. As an indicator of its feasibility are the compressive strengths of concrete specimen 5x5x5 cm cubes (ASTM C - 109) which were conducted at the Laboratory of Building Materials ITI. The test results showed that the mixing FA 10 % - 40 % by weight of cement in plastering mortar 1:5 can increase the compressive strength test specimens 7.71 % to 51.02 % and increased workability. Being the addition of sawdust to 6 % of the weight of the sand into the waterproof plastering mortar 1:2, is not lower the compressive strength of 175 kg/cm² and remain above the mortar remains watertight. Then FA utilization of waste materials and sawdust with the above composition, fit for use as a plastering material mixture and add value to the local waste materials to be used by local people in building construction is simple.

Keyword : waste material, plastering material, feasibility

*Penulis Korespondensi. Telp: +62 21 7561114; fax: +62 21 7565382

Alamat E-mail: ucanita@yahoo.com

1. Pendahuluan

Dalam usaha mengoptimalkan aspek biaya konstruksi, maka selalu dilakukan optimalisasi terhadap material konstruksi dan metode konstruksi. Terhadap material konstruksi, diupayakan penggunaan material dengan berat jenis yang lebih ringan sehingga diperoleh efisiensi berat sendiri konstruksi dan beban pada pondasi. Selain itu juga diupayakan penggunaan material yang ramah lingkungan, yang diantaranya dengan memanfaatkan bahan buangan/limbah yang terdapat pada lokal/daerah tertentu. Untuk mengefisienkan biaya *finishing* bangunan, maka dilakukan pengujian terhadap kelayakan penggunaan adukan plesteran dinding dengan campuran bahan tambah Fly-Ash (FA)/Abu Terbang dan serbuk gergaji.

Bahan plesteran sebagai lapisan penutup permukaan pekerjaan pasangan, baik dinding bata maupun pasangan batu kali, merupakan campuran semen, pasir dan air dalam komposisi tertentu. Bahan limbah FA yang merupakan limbah dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik, telah banyak diteliti manfaatnya dalam adukan beton. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan FA sebagai pengganti semen ataupun bahan tambah dalam adukan beton memberikan hasil pengaruh positif terhadap kuat tekan beton, sehingga pada penelitian ini ingin diketahui proporsi optimalnya sebagai campuran dalam adukan plesteran 1:5 yaitu plesteran dengan kekuatan terendah. Penelitian tentang bahan limbah serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandis L.f*) sebagai substitusi pasir hingga 20% dalam adukan mortar/plesteran menurut Budi S (2006) mengakibatkan penurunan kuat tekan mortar beton yang signifikan dari 128,740 kg/cm² menjadi 15,279 kg/cm² atau 88%. Oleh sebab itu pada penelitian ini ingin dicari proporsi serbuk gergaji kayu Meranti (*Shorea spp*) sedemikian sehingga tetap layak sebagai adukan plesteran 1:2, yaitu plesteran kedap air.

Sesuai dengan perolehan pengaruh FA dan serbuk gergaji pada mortar semen dari penelitian terdahulu, maka akan diujikan pemanfaatannya pada adukan mortar 1:5 dan plesteran kedap air (1:1 sd 1:3). Dengan pemanfaatan FA pada adukan plesteran 1:5, diharap dapat meningkatkan kuat tekannya, sedangkan pemanfaatan serbuk gergaji pada adukan kedap air, diharap dapat mengefisienkan proporsi semen dalam adukan yang menghasilkan adukan yang layak digunakan sebagai bahan plesteran kedap air.

Tujuan penelitian ini adalah menguji kelayakan adukan plesteran 1:5 dengan bahan

tambah (*additive*) FA sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap berat semen dan adukan plesteran 1:1, 1:2 dan 1:3 dengan substitusi serbuk gergaji sebesar 3% dan 6% terhadap berat pasir dengan faktor air semen 0,8; sebagai bahan plesteran. Indikator kelayakan adalah kuat tekan benda uji kubus 5x5x5 cm (SNI 03- 6882-2002 dan ASTM C-109).

Dalam penelitian ini material plesteran menggunakan semen tipe I, pasir pasang berasal dari daerah Mundu-Tangerang yang 100% lolos saringan ASTM no.16 (ASTM C 778). Material FA berasal dari PLTU Suralaya, Cilegon Banten, sedangkan serbuk gergaji kayu meranti berasal dari lokasi penggergajian kayu di Bekasi. Pelaksanaan pengujian material, pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Institut Teknologi Indonesia, Serpong, Tangerang Selatan.

2. Studi Pustaka

Plesteran

Plesteran/mortar semen untuk penutup pekerjaan pasangan, berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar (seperti cuaca, kelembaban ataupun kekuatan abrasi), untuk menambah kekuatan pasangan serta meratakan permukaan pasangan. Persyaratan lapisan plesteran, harus mempunyai ketebalan yang cukup dan tidak boleh ada retakan. Di Indonesia belum ada persyaratan tentang kekuatan tekan mortar, namun dalam SNI 2837-2008 dijelaskan jenis plesteran dari 1:1 sampai dengan 1:8, dimana angka menunjukkan perbandingan semen terhadap pasir pasang. Jenis plesteran yang umum dipakai adalah plesteran 1:2, 1:3 dan 1:5. Plesteran 1:1 dan 1:2 merupakan material kedap air yang umum digunakan pada elemen konstruksi yang berhubungan dengan tanah dan air seperti pondasi, sloof dan dinding kamar mandi. Plesteran 1:3 untuk dinding beton dan dinding bata/batako di sisi luar bangunan, sedangkan 1:5 digunakan untuk dinding bata di bagian dalam bangunan. Kekuatan adukan mortar dibutuhkan untuk menghadapi gaya pada dinding atau pekerjaan pasangan yang bekerja pada arah sejajar serat menekan mortar. Pasangan dinding menerima beban tekan yang diakibatkan oleh pengaruh dari atas, angin, atau gaya samping lainnya. Dalam ASTM C 270 diberikan klasifikasi mortar berdasar kekuatan tekan dan peruntukannya diberikan pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Klasifikasi Kuat Tekan Mortar & Penggunaannya

Tipe Adukan	Kekuatan	Rekomendasi Penggunaan
Tipe M	Adukan dengan kuat tekan yang tinggi Kuat tekan minimumnya adalah 175 kg/cm ² .	Untuk dinding bata bertulang, dinding dekat tanah, pasangan pondasi, adukan pasangan pipa air kotor, adukan dinding penahan dan adukan untuk jalan
Tipe N	Adukan dengan kuat tekan sedang Kuat tekan minimum 124 kg/cm ² .	Dipakai bila tidak disyaratkan menggunakan tipe M, tetapi diperlukan daya rekat tinggi serta adanya gaya samping.
Tipe S	Adukan dengan kuat tekan sedang Kuat tekan minimum 52,5 kg/cm ² .	Dipakai untuk pasangan terbuka diatas tanah.
Tipe O	Adukan dengan kuat tekan rendah Kuat tekan minimumnya adalah 24,5 kg/cm ² .	Dipakai untuk konstruksi dinding yang tidak menahan beban yang tidak lebih dari 7 kg/cm ² dan gangguan cuaca tidak berat.
Tipe K	Adukan dengan kuat tekan rendah Kekuatan minimum 5,25 kg/cm ² .	Dipakai untuk pasangan dinding terlindung dan tidak menahan beban.

Sumber : ASTM C270

Fly Ash (FA)

FA adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik (SNI 03-6414-2002).

**Gambar 1.** Material Fly Ash

Karena bersifat pozolanik maka FA dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton, beton aspal, pembuatan paving blok dan lain-lain. Sebagai bahan tambah mortar atau beton, FA dinilai dapat meningkatkan kualitas mortar atau beton dalam hal kekuatan,

kekedapan air, ketahanan terhadap sulfat dan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) beton (Sofwan Hadi, 2000). Penggunaan FA/Abu-Terbang juga dapat menghemat penggunaan semen dan sekaligus sebagai bentuk pemanfaatan limbah yang akan membantu menjaga kelestarian lingkungan. FA memiliki sifat pozolan yang terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif. Komposisi kimia masing-masing jenis FA sedikit berbeda dengan komposisi kimia semen. Tabel 2 berikut ini menjelaskan komposisi kimia FA dan semen menurut Ratmaya Urip (2002).

Tabel 2. Komposisi Kimia FA dan Semen

No	Komposisi Kimia	Jenis Abu Terbang			Semen
		Jenis F	Jenis C	Jenis N	
1	SiO ₂	51,90	51,90	58,20	22,6
2	Al ₂ O ₃	25,80	15,70	18,40	4,30
3	Fe ₂ O ₃	6,98	5,80	9,30	2,40
4	CaO	8,70	24,30	3,30	64,40
5	MgO	1,80	4,60	3,90	2,10
6	SO ₂	0,60	3,30	1,10	2,30
7	Na ₂ O dan K ₂ O	0,60	1,30	1,10	0,60

Sumber: Ratmayana Urip, 2003

Menurut standar SNI 03-6863-2002 penggunaan FA sebagai bahan tambah beton, baik untuk adukan maupun campuran beton. Abu terbang yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang dari PT. UBP Suralaya. Hasil pemeriksaan komposisi kimia yang telah dilakukan oleh PT UBP Suralaya seperti yang disajikan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa abu terbang tersebut masuk kelas F, karena kandungan oksida silika, aluminium dan besi lebih dari 70%.

Tabel 3. Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU Suralaya

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji Abu Terbang	Metode Pengujian
1	Moisture	%	0,56	Drying Oven 105 Celcius Degree, For 2 Hours
2	LOI	%	5,38	Combustion at 900 Celcius Degree
3	Al ₂ O ₃	%	29,48	AAS
4	SO ₃	%	0,45	Gravimetric
5	Fe ₂ O ₃	%	8,28	AAS
6	CaO	%	3,32	AAS
7	Na ₂ O	%	0,29	AAS
8	SiO ₂	%	48,31	Gravimetric

Sumber : PT UBP Suralaya

Serbuk Gergaji Kayu Meranti

Serbuk gergaji adalah serbuk kayu berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji. Kayu meranti memiliki nama botani *Shorea spp.* Berdasarkan PPKI 1961 termasuk kayu dengan tingkat kekuatan II – IV dan tingkat keawetan II - III. Meranti tergolong kayu keras berbobot ringan sampai berat-sedang. Berat jenisnya (Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Air murni bermassa jenis 1 g/cm³ atau 1000 kg/m³) berkisar antara 0,3 – 0,86 pada kandungan air 15%.



Gambar 2. Serbuk Gergaji Kayu

Pori kayu hampir seluruhnya soliter, kadang-kadang terdapat gabungan 2 – 3 dalam arah radial, diameter 100 – 300 mikron, frekuensi 6 – 8 per mm², bentuk pori bundar atau agak lonjong, jarang berisi tiloris, bidang perforasi sederhana. Panjang serat kayunya rata-rata 1,139 mikron dengan diameter 22,8 mikron, tebal dinding 4,2 mikron dan diameter lumen 14,4 mikron. Sifat fisis dan mekanis kayu meranti dapat dilihat pada Tabel 4.

Meranti merupakan salah satu kayu komersial terpenting di Asia Tenggara. Kayu ini lazim dipakai sebagai kayu konstruksi, panil kayu untuk dinding, loteng, sekat ruangan, bahan mebel dan perabot rumah tangga, mainan, peti mati dan lain-lain. Kayu meranti merah-tua yang lebih berat biasa digunakan untuk konstruksi sedang sampai berat, balok, kasau, kusen pintu-pintu dan jendela, papan lantai, geladak jembatan, serta untuk membuat perahu. Meranti baik pula untuk membuat kayu olahan seperti papan partikel, harbor, dan venir untuk kayu lapis. Selain itu, kayu ini cocok untuk dijadikan bubur kayu, bahan pembuatan kertas.

Treatment Kandungan kimia kayu adalah selulosa ± 60%, lignin ± 28% dan zat lain (termasuk zat gula) ± 12%.

Tabel 4. Fisis dan Mekanis Kayu Meranti

Sifat	Rata-rata	Radial	Tangensial
Kerapatan (gr/cm ³)	0,78		
Susut (%)		4,074	8,149
Tegangan pada batas proporsi (kg/cm ²)	367,07		
Tegangan pada batas patah (kg/cm ²)	520,38		
Keteguhan lentur (kg/cm ²)	960,1		
Keteguhan pukul (kgm/dm ³)		16,71	17,75
Keteguhan tekan sejajar serat (kg/cm ²)	336,34		
Keteguhan tekan tegak lurus serat (kg/cm ²)	63,60		
Kekerasan ujung (kg/cm ²)	521,66		
Kekerasan sisi (kg/cm ²)	320		
Keteguhan geser (kg/cm ²)		106,91	96,94
Keteguhan belah (kg/cm ²)		53,3	46,68
Keteguhan tarik tegak lurus serat (kg/cm ²)		34,49	38,23
Kadar selulosa (%)	51,9		
Kadar lignin (%)	28,8		
Kadar pentosan (%)	16,1		
Kadar abu (%)	1,0		
Kadar silika (%)	-		
Kelarutan terhadap alkohol-benzena (%)	6,3		
Kelarutan terhadap air dingin (%)	0,8		
Kelarutan terhadap air panas (%)	3,2		
Kelarutan terhadap NaOH 1% (%)	14,1		
Nilai kalor (cal/g)	4386		

Dinding sel tersusun sebagian besar oleh selulosa (C₆H₁₀O₅). Lignin adalah suatu campuran zat-zat organik yang terdiri dari zat karbon (C), zat air (H₂) dan oksigen (O₂).

Serbuk gergaji kayu mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Lignin mempunyai ikatan kimia dengan hemiselulosa bahkan ada indikasi mengenal adanya ikatan-ikatan antara lignin dan selulosa. Komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti yang penting, karena menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu juga dengan mengetahuinya kita dapat membedakan jenis kayu. Komponen kimia kayu, yaitu:

1. Karbon terdiri dari selulosa dan hemiselulosa
2. Ion karbonhidrat terdiri dari lignin kayu
3. Unsur yang diendapkan
 - a. Carbon : 50%
 - b. Hydrogen : 6%
 - c. Nitrogen : 0,04 - 0,10%
 - d. Abu : 0,20 – 0,50%

Sifat kimia kayu yang harus diperhatikan ialah kandungan elektraktifnya. Pengerasan semen akan terlambat apabila bahan baku kayu yang berupa serbuk gergaji mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi.

Agar proses pengerasan tidak terlambat maksimum kandungan ekstraktif pada kayu adalah 1% gula, 2% tannin, atau 3% minyak (Kamil 1970, dan Ismeddiyanto (1998:27)). Usaha untuk mengurangi kadar ekstraktif adalah dengan merendam serbuk gergaji ke dalam air panas ataupun dingin.

Pengujian Mortar

Tujuan dari pengujian mortar adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan mortar dengan bahan ikat semen portland dan yang menggunakan alternatif bahan limbah dalam campuran mortar (fly-ash dan serbuk gergaji kayu meranti) serta kemampuan menyerap air pada umur tertentu yang digunakan untuk menentukan mutu mortar yang ditambah serbuk gergaji kayu meranti (*Shorea spp*). Menurut SNI 03-6882-2002 (2002: 210), uji kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat kubus mortar berukuran 50 mm sampai 100 mm. Pengujian dilakukan setelah mortar mengeras dengan menggunakan mesin uji tekan. Nilai kuat tekan didapat dengan membagi besar beban maksimum (N) dengan luas tampang (mm²). Sedangkan pengujian penyerapan air dilakukan dengan menimbang berat basah kubus mortar dan kemudian dikeringkan sampai beratnya tetap untuk didapat berat keringnya. Perbedaan antara berat basah dengan berat kering menunjukkan persentase air pada mortar.

3. Metodologi

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan penelitian di laboratorium. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Institut Teknologi Indonesia (ITI), meliputi pengujian bahan dan pengujian kuat tekan. Untuk pengujian yang dilakukan menggunakan standart ASTM (American Standard For Testing Material).

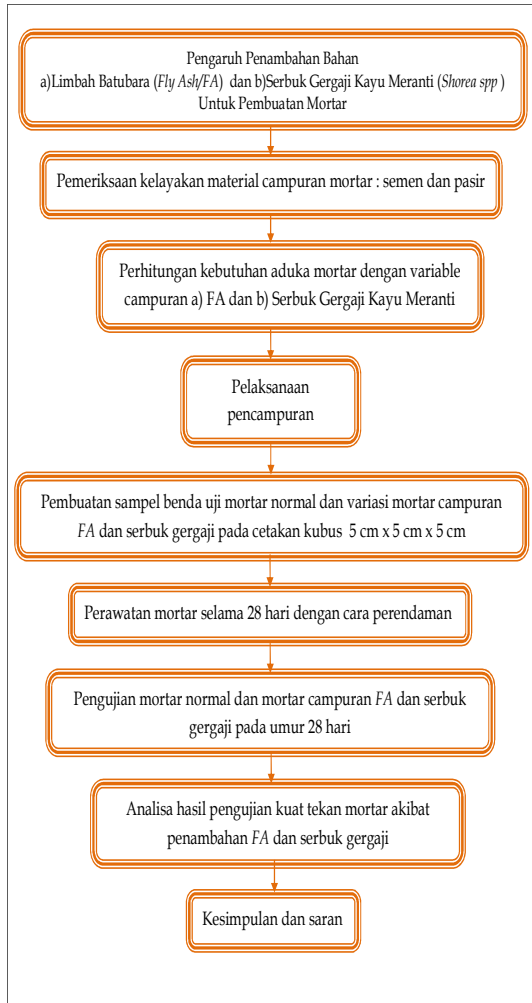
Benda uji mortar menggunakan : a) semen portland tipe I (normal) merk Tiga Roda dalam kemasan 50 kg produksi PT Indocement dengan berat jenis 3,15 gram/cm³; b) pasir, diperoleh dari penjual bahan bangunan/material setempat yang diambil secara selektif. Untuk sampel abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari PLTU Suralaya sedangkan serbuk gergaji kayu Meranti yang diperoleh dari tempat penggergajian kayu di Bekasi. Benda uji penelitian berupa benda uji kubus berukuran sisi 50 mm untuk uji kuat tekan dengan masing – masing variabel sampel dibuat 6 benda uji SNI (03- 6882-2002, 2002: 210) dengan variasi :

- a) komposisi substitusi *fly ash* terhadap semen sebagai berikut:
 - Mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 0% (1 PC : 0 FA : 5PS)
 - mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 10% (0,9PC : 0,1FA : 5PS);
 - mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 20% (0,8PC : 0,2FA : 5PS);
 - mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 30% (0,7PC : 0,3FA : 5PS);
 - mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 40% (0,6PC : 0,4FA : 5 PS).
- b) komposisi substitusi serbuk gergaji kayu meranti terhadap pasir sebagai berikut :
 - Mortar yang menggunakan komposisi serbuk gergaji sebesar 0% dari berat pasir (1 PC : 0 SG : 1PS), (1 PC : 0 SG : 2PS), (1 PC : 0 SG : 3PS);
 - Mortar yang menggunakan komposisi serbuk gergaji sebesar 3% dari berat pasir (1PC : 0,03SG : 0,97PS), (1 PC : 0,03 SG : 1,97PS), (1 PC : 0,03SG : 2,97PS);
 - Mortar yang menggunakan komposisi abu terbang sebesar 6% dari berat pasir (1 PC : 0,06FA : 0,94PS), (1 PC : 0,06SG : 1,94PS), (1 PC : 0,06SG : 2,94PS);

Pengujian kuat tekan benda uji dilakukan pada umur mortar 28 hari dengan mesin tekan standar ASTM mesin tekan dan beban tekan diberikan secara merata dan terus menerus dengan kecepatan 1,4 kg/cm² sampai dengan 2,5 kg/cm/detik, atau beban maksimal tercapai dalam waktu kurang dari 20 detik, besarnya beban maksimal tercapai dalam satuan Newton atau kg.

Data kuat tekan benda uji merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari 6 benda uji untuk setiap tipe adukan. Selanjutnya pengaruh FA dan serbuk gergaji Meranti dalam mortar semen plesteran diukur melalui nilai % perubahan kuat tekannya terhadap mortar tanpa FA atau Serbuk gergaji Meranti.

Khusus untuk mortar plesteran kedap air (1:1, 1:2 dan 1:3) dengan bahan tambah serbuk gergaji kayu Meranti diukur perubahan kekedapannya dengan indikator kedalaman resapan air pada permukaan benda uji. Gambar 3 menunjukkan Bagan Alir Penelitian.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Material

Tabel 5. Hasil Uji Pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Syarat	Standart ASTM
		Pasir Mundu	Pasir Putih Rangkas		
1	Analisa Saringan	FM = 2,46	FM = 2,6	➤ FM 2,2-2,6 = Pasir Halus ➤ FM 2,6-2,9 = Pasir Sedang ➤ FM 2,9-3,2 = Pasir Kasar	ASTM C - 136
2	Kadar Lumpur	3,3%	1,5%	Max 5%	ASTM C - 117
3	Zat Organik	No.1	No.1	Max No. 3	ASTM C - 40
4	Specific Gravity Dan Absorption	2,4 3,89%	2,31 4,17%	Min 2,3 Max 5%	ASTM C - 128
5	Kadar Air	2,73%	2,9%	Max 5%	ASTM C - 566

Berat jenis semen = 3,15 gram/cm³

Pasir dan semen memenuhi standar ASTM sebagai material mortar adukan.

Fly Ash

- lolos seluruhnya pada ayakan 0,075 mm dan jika diperhatikan dan dipegang/dirasakan dengan tangan abu terbang memiliki butiran yang lebih halus dari semen. Dan jika diamati secara visual *fly ash* tersebut berwarna coklat gelap kehitaman.
- berdasarkan data pemeriksaan yang telah dilakukan PT UBP Suralaya, *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki berat jenis rata-rata 2,129 gr/cm³ (PT Unit Pembangkit Bisnis, Suralaya). Jadi berat jenis *fly ash* lebih rendah daripada berat jenis semen portland.
- *FA* produksi PLTU Suralaya ini, termasuk klasifikasi golongan *FA* kelas F. Hal ini didasarkan pada kadar/kandungan SiO₂ (oksida silika) yang mencapai 48,31%, kadar Al₂O₃ (aluminium) sebesar 29,48% dan Fe₂O₃ (besi) sebesar 8,28%, dengan kandungan oksida silika, aluminium dan besi sudah mencapai lebih dari 70%.

Serbuk Gergaji Kayu Meranti

- serbuk gergaji memiliki butiran yang lebih halus dari pasir. Dan jika diamati secara visual serbuk gergaji tersebut berwarna kuning tua kecoklatan.
- berat jenis rata-rata 0,46 gr/cm³. Jadi berat jenis serbuk gergaji lebih rendah daripada berat jenis pasir putih Rangkas yang bernilai 2,31 gr/cm³ dan berat jenis semen portland yang bernilai 3,15 gr/cm³.
- serbuk gergaji kayu Meranti memiliki nilai FM (*Finess Modulus*) atau modulus kehalusan sebesar 2,145 dengan gradasi diluar daerah baik dari SNI 03 - 6820 - 2002, yang berarti berada diluar nilai minimum yang ditetapkan oleh ASTM yaitu 2,2 - 2,6 yang termasuk kategori agregat halus.

Hasil Uji Tekan

a) Pengaruh FA dalam mortar 1:5

Tabel 6. Kuat Tekan Mortar 1:5 Rata-rata dengan FA umur 28 hari

No	Persentase (Fly Ash)	Kuat Tekan 28 Hari (Kg/cm ²)	Kemungkinan Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Persentase Kemungkinan Kuat Tekan (%)
1	0%	71,73	0,00	0,00
2	10%	108,33	36,60	51,02
3	20%	93,40	21,67	30,20
4	30%	85,40	13,67	19,05
5	40%	77,27	5,53	7,71

Diperoleh bahwa :

- Penambahan FA sampai 40 % berpengaruh positif terhadap kuat tekan adukan, dengan nilai tertinggi terjadi pada penggunaan FA 10%. Hal ini menunjukkan peran FA yang bersifat pozolanik lebih baik dari pada pasir yang merupakan bahan galian, dalam menghasilkan kuat tekan yang lebih baik.
- Sesuai klasifikasi kuat tekan mortar (Tabel 1) maka adukan 1:5 masuk Tipe mortar S (> 52,5 kg/cm²). Pencampuran FA tidak menaikkan mortar menjadi tipe N (>124 kg/cm²).

b) Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Meranti pada Mortar 1:1, 1:2 dan 1:3

Tabel 7. Kuat Tekan Mortar 1:1, 1:2, 1:3 Rata-rata dengan Serbuk Gergaji Kayu Meranti umur 28 hari

	Substitusi Serbuk Gergaji Terhadap Pasir	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Persentase Penurunan Kuat Tekan	Tipe Adukan Mortar
pasir : semen = 1:1	0%	313.97	0%	M
	3%	273.46	12.90%	M
	6%	195.45	37.75%	M
pasir : semen = 1:2	0%	217.19	0%	M
	3%	169.08	22.15%	N
	6%	73.94	65.96%	S
pasir : semen = 1:3	0%	148.83	0%	N
	3%	82.5	44.57%	S
	6%	32.62	78.08%	O

Dari Tabel 7, diperoleh bahwa :

- Dengan bertambahnya persentase serbuk gergaji terhadap berat pasir, kekuatan tekan mortar semakin menurun. Kuat tekan terkecil untuk masing-masing campuran semen

banding pasir (1:1 , 1:2 , 1:3) adalah pada substitusi serbuk gergaji terhadap berat pasir sebesar 6% dengan nilai kuat tekannya berturut-turut adalah 195,45 kg/cm², 73,94 kg/cm², dan 32,62 kg/cm².

- Penggunaan serbuk gergaji sampai 6% pada mortar 1:1, mortar tetap masuk Tipe M dengan kuat tekan >175 kg/cm².
- Penggunaan serbuk gergaji sampai 3% dan 6% pada mortar 1:2, menurunkan mutu mortar yang semula tipe M menjadi masing-masing tipe mortar N (> 124 kg/cm²) dan S (>52,5 kg/cm²).
- Penggunaan serbuk gergaji sampai 3% dan 6% pada mortar 1:3, menurunkan mutu mortar yang semula tipe N menjadi masing-masing tipe mortar S (> 52,5 kg/cm²) dan O (>24,5 kg/cm²).

Uji Kelecekan/Workability

Uji kelecekan dilakukan dengan dengan cara meremas adukan dengan tangan menjadi bentuk seperti bola. Kelecekan yang baik adalah apabila bola adukan tidak pecah ketika dilepas dari kepalan tangan dan tidak meninggalkan bekas pada tangan, hal ini dimaksudkan agar adukan dapat dicetak dengan baik tanpa menempel pada dinding cetakan.

Hasil pemeriksaan kelecekan pada mortar – mortar yang menggunakan campuran substitusi *fly ash* memiliki kelecekan yang lebih baik daripada mortar yang tidak mengalami pencampuran dengan *fly ash*. Mortar yang dicampur dengan *fly ash* memiliki tekstur yang lebih halus dan lebih mudah diaduk dalam proses pengerjaannya daripada mortar yang tidak dicampur dengan *fly ash*.

Umumnya ketebalan acian beserta plesteran adalah 2,5 cm dengan ketebalan acian sendiri kurang lebih 0,5 cm. Oleh karena itu mortar yang digunakan sebagai acian kedap air setidaknya memiliki kemampuan menyerap air dengan kedalaman penyerapan kurang dari 0,25 cm.

Kedalaman serapan (h serapan) air rata-rata dihitung dengan :

$$h \text{ serapan} = (W_{\text{basah}} - W_{\text{kering}}) / \text{pair} \times A_{\text{sampel}}$$

dimana

W_{basah} = Berat sampel keadaan basah

W_{kering} = Berat sampel keadaan kering oven

pair = Berat jenis air

A_{sampel} = luas permukaan sampel/benda uji

Pengaruh penggunaan serbuk gergaji pada mortar kedap air ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Persentase Penyerapan Air Benda Uji Mortar Dengan Bahan Tambah Serbuk Gergaji

	Substitusi Serbuk Gergaji Terhadap Berat Pasir	Persentase Serapan Air Rata-rata	Kedalaman Serapan Air Rata-rata Pada Setiap Penampang Benda Uji (cm)
pasir : semen = 1:1	0%	11.49%	0.12
	3%	14.08%	0.13
	6%	21.06%	0.17
pasir : semen = 1:2	0%	16.45%	0.21
	3%	24.76%	0.26
	6%	33.58%	0.31
pasir : semen = 1:3	0%	23.04%	0.32
	3%	35.20%	0.39
	6%	44.55%	0.44

Diperoleh bahwa :

- mortar dengan campuran semen pasir 1 : 1 dengan substitusi serbuk gergaji terhadap berat pasir sebesar 0%, 3%, dan 6% masing-masing memiliki kedalaman penyerapan air sebesar 0,12 cm, 0,13 cm, dan 0,17 cm. Kedalam penyerapan ini kurang dari 0,25 cm, sehingga mortar masih dapat digunakan sebagai acian kedap air.
- mortar dengan campuran semen pasir 1 : 2 dengan substitusi serbuk gergaji terhadap berat pasir sebesar 0%, 3%, dan 6% masing-masing memiliki kedalaman penyerapan air sebesar 0,21 cm, 0,26 cm, dan 0,31 cm. Kedalaman penyerapan untuk mortar dengan substitusi serbuk gergaji terhadap berat pasir sebesar 0% kurang dari 0,25 cm sehingga masih dapat digunakan sebagai acian kedap air, sedangkan untuk mortar dengan substitusi serbuk gergaji terhadap berat pasir sebesar 3% dan 6%, kedalaman penyerapan airnya adalah lebih dari 0,25 cm, sehingga dirasa tidak layak digunakan sebagai acian kedap air.

Berat Mortar

Dari hasil penimbangan benda uji dapat diketahui bahwa, berat rata – rata sampel benda uji yang terberat didapat pada penambahan *fly ash* sebesar 0% dari berat semen dan terus menurun beratnya sampai dengan penambahan *fly ash* sebesar 40%. Penambahan *fly ash* berbanding terbalik dengan peningkatan berat benda uji. Hal ini disebabkan karena berat jenis *fly ash* yang lebih rendah daripada berat jenis semen portland.

Tabel 9. Berat benda uji mortar dengan bahan tambah FA

No	Persentase Fly Ash Terhadap Berat Semen	Kuat Tekan 28 Hari (Kg/cm ²)	Berat Rata-rata Benda Uji (gr)
1	0%	71,73	245,17
2	10%	108,33	240,50
3	20%	93,40	237,67
4	30%	85,40	232,67
5	40%	77,27	223,33

Tabel 10. Berat benda uji mortar dengan bahan tambah Serbuk Gergaji Meranti

	Substitusi Serbuk Gergaji Terhadap Berat Pasir	Berat Basah Rata-rata (gr)	Berat Kering Rata-rata (gr)	Persentase Penurunan Berat Kering Rata-rata
pasir : semen = 1:1	0%	184.5	165.5	0%
	3%	162.5	142.5	13.89%
	6%	149.5	123.5	25.38%
pasir : semen = 1:2	0%	226.5	194.5	0%
	3%	201.5	161.5	16.97%
	6%	185	138.5	28.79%
pasir : semen = 1:3	0%	259	210.5	0%
	3%	225	166.5	20.90%
	6%	214.5	148.5	29.45%

Dari hasil-hasil di atas dapat diketahui bahwa, berat rata-rata sampel benda uji untuk masing-masing perbandingan semen pasir, yang terberat didapat pada mortar semen tanpa serbuk gergaji (serbuk gergaji 0%) dan berat benda uji terus menurun beratnya sejalan dengan meningkatnya % serbuk gergaji sampai 6%. Penambahan serbuk gergaji yang berbanding terbalik dengan berat benda uji disebabkan karena berat jenis serbuk gergaji yang lebih rendah daripada berat jenis pasir dan semen portland.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari analisis dan pembahasan disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

A. Pemanfaatan FA untuk Mortar Semen 1:5

- Substitusi FA dengan persentase tertentu dari berat semen ternyata dapat meningkatkan kuat tekan mortar.

Peningkatan kuat tekan terjadi pada persentase substitusi FA 10% - 40% terhadap semen. Kuat tekan terbesar pada FA 10% yaitu 108,33 kg/cm² pada umur 28 hari dengan kenaikan sebesar 51,02% dari kuat tekan normal. Mortar 1:5 dengan variasi substitusi FA terhadap semen merupakan tipe mortar S (kuat tekan > 52,5 kg/cm²)

2. Substitusi FA sebagai pengganti bahan ikat semen portland, menghasilkan mortar yang lebih mudah dikerjakan (*workability*) dan membuat kelecakan suatu adukan mortar menjadi lebih baik, terbukti dari perbandingan sampel antara adukan mortar *non-FA* dan mortar dengan substitusi FA, bola adukan mortar dengan penambahan FA mempunyai tekstur yang lebih halus dan tidak pecah ketika dilepaskan dari tangan.
3. Penambahan FA dengan persentase tertentu dapat mengurangi berat mortar sehingga mempengaruhi berat dinding atau konstruksi.

B. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Meranti pada Mortar Semen 1:1, 1:2, dan 1:3

1. Substitusi Serbuk Gergaji dengan persentase tertentu dengan berat pasir ternyata dapat menurunkan kuat tekan mortar.
2. Mortar semen dengan perbandingan semen pasir 1:1, 1:2, dan 1:3 dapat digunakan sebagai bahan plesteran dan acian dengan tipe adukan masing-masing adalah tipe M (kuat tekan minimum 175 kg/cm²), tipe M, dan tipe N (kuat tekan minimum 124 kg/cm²).
3. Dengan substitusi serbuk gergaji sebesar 3% terhadap berat pasir, mortar campuran semen pasir 1:1 tetap tergolong tipe M, sedangkan mortar campuran semen pasir 1:2 dan 1:3 masing-masing tergolong tipe N dan tipe S (kuat tekan minimum 52,5 kg/cm²).
4. Dengan substitusi serbuk gergaji sebesar 6% terhadap berat pasir, mortar campuran semen pasir 1:1 tetap tergolong tipe M, sedangkan mortar campuran semen pasir 1:2 dan 1:3 masing-masing tergolong tipe S dan tipe O (kuat tekan minimum 24,5 kg/cm²).
5. Substitusi serbuk gergaji 3% - 6% terhadap berat pasir menurunkan berat jenis mortar 1:1, 1:2 dan 1:3, sampai 25,38%, 28,79% dan 29,45% pada serbuk gergaji 6%.
6. Mortar dengan perbandingan semen pasir 1:1 campuran serbuk gergaji 0%, 3%, dan 6% dapat digunakan sebagai bahan kedap air karena kedalaman penyerapan air rata-ratanya terhadap suatu permukaan masing-masing bernilai 0,12 cm, 0,13 cm, dan 0,17 cm yang lebih kecil daripada setengah tebal acian pada umumnya yang bernilai 0,25 cm. Begitu pula dengan mortar dengan perbandingan semen pasir 1:2 dengan campuran serbuk gergaji 0% yang memiliki kedalaman penyerapan air rata-rata terhadap suatu permukaan yang bernilai 0,21 cm yang masih lebih kecil daripada 0,25 cm dan masih dapat dikategorikan sebagai lapisan kedap air. Tetapi hal ini tidak berlaku untuk mortar dengan perbandingan pasir semen 1:2 dengan campuran serbuk gergaji 3% dan 6% juga mortar dengan perbandingan semen pasir 1:3 dengan campuran serbuk gergaji 0%, 3%, dan 6% yang memiliki kedalaman penyerapan air rata-rata terhadap suatu permukaan yang bernilai lebih besar daripada 0,25 cm.
7. Penyebab/faktor yang sangat besar memberikan kontribusi terhadap penurunan kekuatan tekan mortar adalah sifat kimia kayu yaitu kandungan ekstraktif yang tinggi. Pengerasan semen akan terhambat apabila bahan baku kayu yang berupa serbuk gergaji mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi.
8. Hasil penelitian berlaku untuk kayu jenis meranti (*Shorea spp*) dengan berat jenis rata-rata 0,46 gr/cm³.
9. Kedalaman serapan air rata-rata pada setiap penampang benda uji dihitung dengan indikator Kedalaman Serapan Air rata-rata.

Dari kesimpulan A dan B diatas maka pemanfaatan bahan limbah FA dan serbuk gergaji kayu Meranti layak digunakan sebagai campuran material plesteran. Hal ini akan memberi nilai tambah pada bahan limbah FA dan atau serbuk gergaji yang terdapat pada suatu daerah untuk dapat dimanfaatkan oleh masyarakat daerah tersebut sebagai material konstruksi. Disamping akan diperoleh efisiensi biaya material mortar, juga akan mengurangi penggunaan bahan galian sehingga berdampak positif pada aspek lingkungan.

Saran

Sesuai kesimpulan, maka untuk mengefisienkan biaya dan berat konstruksi, direkomendasikan memanfaatkan bahan limbah FA atau Serbuk Gergaji kayu Meranti yang terdapat pada suatu daerah. Hal ini dapat

disosialisasikan oleh Pemerintah Daerah, untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen (dengan FA) dan pengganti sebagian pasir (dengan serbuk gergaji kayu meranti) pada campuran bahan plesteran. Untuk plesteran kedap air direkomendasikan penggantian pasir dengan serbuk gergaji sampai 3% saja karena tidak akan merubah fungsi kedap airnya.

Daftar Pustaka

- [1] American Standar for Testing Materials (ASTM) C 109 : Compressive Strength of Hidraulic Cement Mortars [Using 2-in (50 mm) Cubes Specimens]
- [2] Direktorat Jenderal Ciptakarya DPU. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia. Bandung. 1961.
- [3] Institut Teknologi Indonesia. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Pedoman Praktikum Beton: Laboratorium Bahan Bangunan. 1996.
- [4] Koesmartadi, Ch, Frick, Heinz, *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1999.
- [5] Nadhiroh Masruri, Lasino, Pembuatan SPK (Semen Pozolan Kapur), 1993.
- [6] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (TEKMIRA). *Penggunaan semen pozolan kapur (SPK)*, (Online), (<http://www.tekmira.esdm.go.id/aset/pozolan/index/asp>)
- [7] Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. Balitbang Dep. P.U. Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 (PUBI-1982). Bandung. 1985.
- [8] Ridwan Suhud. *Beton Mutu Tinggi Dengan Abu Terbang*. 1998.
- [9] Budi Setyawan, Muh. Ibnu, Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.f*) pada Mortar Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Daya Serap Air, Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [10] [BSN] Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03- 6882-2002: Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan.
- [11] [BSN] Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2837-2008: Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Plesteran untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan.
- [12] Yatti S Hidayat, *Mutu Beton Abu terbang Pada Lingkungan yang Agresif (Pantai dan Laut)*, 1993.